

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-282618

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int.Cl.<sup>°</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平9-26303

(22) 出願日 平成9年(1997)2月10日

(31) 優先権主張番号 特願平8-26552

(32) 優先日 平8(1996)2月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中本 一広

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

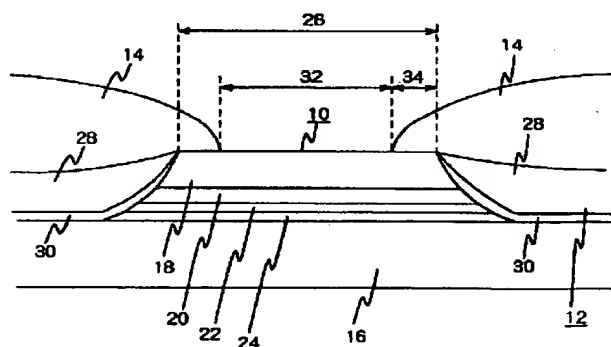
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果型ヘッド及び磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、電極間隔が狭い場合でも磁区制御層の強さに依らずパルクハウゼンノイズを抑制するとともに高い再生出力を得ることのできる磁気抵抗効果型ヘッドとそれを用いた磁気記録再生装置を提供するものである。

【解決手段】本発明は、磁気抵抗効果膜を第一の強磁性膜、非磁性導体膜及び第二の強磁性膜の積層体によって構成し、第二の強磁性膜を反強磁性膜上に積層し、磁気抵抗効果膜の幅方向の両側に磁区制御層を配置し、各磁区制御層上に一对の電極を有し、各電極の電極間隔を磁気抵抗効果膜の幅よりも狭くし、磁気抵抗効果膜の中心部에만電流を流す構造を有する磁気抵抗効果型ヘッドとそれを用いた磁気記録再生装置にある。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する車層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記磁気抵抗効果膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項2】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は前記第二の強磁性膜の上に積層され、前記第三の強磁性膜は、前記第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記第三の強磁性膜の磁化方向を固定している反強磁性膜もしくは永久磁石膜

上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項4】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜がその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層されている磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極は前記磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電流を流す位置に配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項5】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜上にその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜が積層されている磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極は前記磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電流を流す位置に配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項6】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、該磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は第二の強磁性膜の上に積層され、第三の強磁性膜は第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極は前記磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電

流を流す位置に配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項7】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化し前記電極に接して設けられた単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記磁気抵抗効果膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項8】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有し、該反強磁性膜もしくは永久磁石膜は前記電極に接して設けられている磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項9】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は前記第二の強磁性膜の上に積層され、前記第三の強磁性膜は、前記第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有し、前記第一、

第二及び第三の強磁性膜は一対の前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜間に設けられている磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記第三の強磁性膜の磁化方向を固定している反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項10】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された永久磁石からなる磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記磁気抵抗効果膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項11】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された反強磁性膜と軟磁性膜との積層膜からなる磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記磁気抵抗効果膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項12】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された永久磁石からなる磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定

する反強磁性膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項13】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された反強磁性膜と軟磁性膜との積層膜からなる磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、前記第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有する磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項14】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された永久磁石からなる磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は前記第二の強磁性膜の上に積層され、前記第三の強磁性膜は、前記第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜を有し、前記第一、第二及び第三の強磁性膜は一対の前記反強磁性膜の間に設けられている磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記一対の電極の一部がそれぞれ前記第三の強磁性膜の磁化方向を固定している反強磁性膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項15】磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された反強磁性膜と軟磁性膜との積層膜からなる磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一対の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第

一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は前記第二の強磁性膜の上に積層され、前記第三の強磁性膜は、前記第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜とを有し、前記第一、第二及び第三の強磁性膜は一対の前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜間に設けられている磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記一対の電極の一部がそれぞれ前記第三の強磁性膜の磁化方向を固定している反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項16】前記磁気抵抗効果膜の幅は、前記一対の電極の間隔に $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ を加えた値を有することを特徴とする請求項1～15のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項17】前記一対の電極の各電極は、前記磁気抵抗効果膜の幅方向端部に対し $0.25 \sim 2 \mu\text{m}$ の範囲で前記磁気抵抗効果膜と重なっていることを特徴とする請求項1～16のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項18】前記一対の電極の電極間隔は $2 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1～17のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項19】情報を磁氣的に記録する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路とを備えた磁気再生装置において、前記再生ヘッドは、請求項1～18のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッドからなることを特徴とする磁気再生装置。

【請求項20】情報を磁氣的に記録する磁気記録媒体と、電気信号に応じた磁界を発生しこの磁界による情報を前記磁気記録媒体に記録させる記録ヘッドと、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路とを備えた磁気記録再生装置において、前記再生ヘッドは、請求項1～18のいずれかに記載の磁気抵抗効果型ヘッドからなることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、新規な磁気抵抗効果型ヘッドとそれを用いた磁気記録再生装置に係り、特に、巨大磁気抵抗効果を利用して、磁気記録媒体の情報を再生する再生ヘッドとして好適な磁気抵抗効果型ヘッ

ドとそれを用いた磁気記録再生装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】磁気記録再生装置には記録ヘッドとともに再生ヘッドが搭載されており、再生ヘッドとして、異方性磁気抵抗効果を利用したAMR (Anisotropic Magnetoresistive) ヘッドが知られている。このAMRヘッドにおいては、ヘッドから発生するバルクハウゼンノイズを抑制し、磁気記録再生装置の誤動作を防止することが要求されていることから、磁気抵抗効果膜を単一の磁区に保つための磁区制御層をヘッドに設ける構成が採用されている。

【0003】磁区制御層が設けられた第一世代のAMRヘッドにおいては、例えば、米国特許第4663685号に記載されているように、パターンド・エクスチェンジと呼ばれる磁区制御方式が採用されている。この方式は、反強磁性膜などからなる磁区制御層をパターンニングし、パターンニングされた磁区制御層を磁気抵抗効果膜(MR膜)の端部領域のみに積層して配置し、この領域を単一の磁区に保ち、MR膜のうち中央の感磁部(一对の電極に挟まれ、磁界の変化を電気信号に変換する領域)を単一の磁区状態に誘導するものである。

【0004】パターンド・エクスチェンジ方式を採用したAMRヘッドによれば、例えば、論文：日本応用磁気学会誌第19巻頁105(1995)に記載されているように、磁区制御層の間隔を電極間隔に比べて大きくすることによって、感度が向上することが知られている。

【0005】第二世代のAMRヘッドにおいては、第一世代のAMRヘッドよりも製造し易い点を考慮して、例えば、特開平3-125311号公報に記載されているように、ハードバイアス方式が採用されている。この方式は端部領域にまで伸びていたMR膜の両側を切り落とし、感磁部にのみにMR膜を形成し、このMR膜の両側に永久磁石膜を配置し、永久磁石膜の作る磁界によって感磁部を単一の磁区状態に保つものである。なお、特開平7-57223号公報に記載されているように、永久磁石膜の代わりに、軟磁性膜(強磁性膜)と反強磁性膜との積層膜を用いたものが提案されている。

【0006】ハードバイアス方式を採用したAMRヘッドによれば、例えば、米国特許第5438470号に記載されているように、電極の一部をMR膜上に形成することによって、低抵抗、高い信号雑音比、高い電氣的信頼性を持つヘッドが得られる。しかしながら、この構造のヘッドは、例えば、論文：IEEE Trans. Magn., vol. 32, p. 67(1996)に記載されているように、クロストーク特性が悪い、すなわち隣接トラックの信号の読みにじみが大いという欠点があることが知られている。

【0007】一方、AMRヘッドに代わる次世代の高感度なMRヘッドとして、例えば、特開平4-358310号公報に記載されているように、巨大磁気抵抗効果を利用したスピンバルブヘッドが提案されている。このスピンバ

ルブヘッドは、磁気抵抗効果膜として、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とから構成され、第二の強磁性膜がその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜に積層された構成となっている。また、スピンバルブヘッドの出力を高くするために、その応用として特開平5-347013号公報に記載されているように、デュアルタイプのスピンバルブヘッドが提案されている。このデュアルスピンバルブヘッドは、磁気抵抗効果膜として、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二および第三の強磁性膜と、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜と、第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とから構成され、第二の強磁性膜と第三の強磁性膜は、第一の強磁性膜に対して相対するように第一の強磁性膜の上下に積層されており、第二、第三の強磁性膜はそれぞれの磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜に直接積層された構成となっている。

【0008】これら各スピンバルブヘッドでは、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化するのは第一の強磁性膜であるので、スピンバルブヘッドにおいては、第一の強磁性膜を単一の磁区状態にすることが要求される。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】スピンバルブヘッドはAMRヘッドに代わるヘッドとして知られているが、ハードバイアス方式を用いた従来のスピンバルブヘッドにおいては、磁区制御層の強さによっては再生波形が歪んだり、再生出力が低下したりすることがある。

【0010】例えば、第一の強磁性膜を単一の磁区に制御するための磁区制御層の強さが必ずしも十分でない場合には、再生波形が歪み、磁気記録再生装置が誤動作することがある。この歪みは一般にバルクハウゼンノイズと呼ばれるものであり、このノイズの発生原因は、第一の強磁性膜端部の磁化の不連続な動きにあることがわかった。しかも、このバルクハウゼンノイズは、スピンバルブヘッドの方がAMRヘッドよりもより発生し易い。これは、前述したようにスピンバルブヘッドでは、第一の強磁性膜の磁化を真横に向けた状態を中心に動作させる一方、AMRヘッドではMR膜の磁化を斜め45°付近に傾けた状態を中心に動作させることによっている。つまり、スピンバルブヘッドでは、磁気記録媒体の漏洩磁界(正、負)を印加した時、第一の強磁性膜端部の磁化が上下方向に反転しているためである。これは、磁区制御層の強さが必ずしも十分でない場合、第一の強磁性膜端部の磁化が真横を向くと、静磁エネルギーが高くなるので、磁化方向としては斜め上または斜め下が安定な状態であるからである。これに対して、AMRヘッドで

は、第一の強磁性膜端部の磁化は常に斜め方向を向いているので、スピバルブヘッドのような磁化の不連続な動きは生じにくい。

【0011】次に、磁区制御層の強さがある程度十分な場合、磁気記録再生装置の高トラック密度化に際して、スピバルブヘッドの電極の間隔を狭くすると、単位電極間隔当たりの出力（感度）が急激に低下する。スピバルブヘッドの出力は、基本的には電極の間隔に比例して大きくなる。この理由は、電圧が変化する部分が直列に長く接続される程、全体の電圧変化が大きくなることにある。ところが、従来のハードバイアス構造のスピバルブヘッドにおいて電極の間隔を単に狭くすると、単位電極間隔あたりの出力（感度）が急激に低下する。特に電極間隔を $2\mu\text{m}$ 以下にすると、ヘッドの感度は本来の感度の90%以下に低下する。この感度の低下の原因は、電極の下に積層されている磁区制御層の影響で、第一の強磁性膜の左右両端領域の感度が低いことにある。よって電極間隔が狭くなり、磁区制御層の影響が強くなるにつれて感度の高い中央部分の割合が少なくなり、結果として感度が低下する。従って、従来のハードバイアス構造のスピバルブヘッドでは、電極間隔を単に狭くすると、感度が急激に低くなり、磁気記録再生装置の誤動作が増加する。この結果として、磁気記録再生装置の高トラック密度化が困難となる。

【0012】更に、磁区制御層の強さがある程度十分な場合、電極間隔が一定でも、ヘッドの出力は磁区制御層の強さが強くなる程急激に低下する。例えば、磁区制御層の強さを示す尺度である長手バイアス比が2の場合、ヘッドの出力は本来の出力の60%程度に低下する。ここで、長手バイアス比は、磁区制御層が永久磁石の場合、永久磁石膜の残留磁束密度 $B_r$ と膜厚 $t$ との積算値（ $B_r \cdot t$ ）と、スピバルブヘッドにおける第一の強磁性膜の飽和磁束密度 $B_s$ と膜厚 $t$ との積算値（ $B_s \cdot t$ ）との比で表わされる値である。また長手バイアス比は、磁区制御層が強磁性膜と反強磁性膜との積層膜の場合、磁区制御層における強磁性膜の飽和磁束密度 $B_s$ と膜厚 $t$ との積算値（ $B_s \cdot t$ ）を、スピバルブヘッドにおける第一の強磁性膜の飽和磁束密度 $B_s$ と膜厚 $t$ との積算値（ $B_s \cdot t$ ）との比で表わされる値である。

【0013】更に、磁区制御層は第一の強磁性膜とは別工程で作製されるため、磁区制御層の強さ、すなわち長手バイアス比は、ある範囲のバラツキを有する。その結果としてヘッドの出力にバラツキが発生する。しかも、磁区制御層の強さが不十分であると、前述したように、バルクハウゼンノイズが発生するところから、磁区制御層の強さは、必要な値よりも若干大きく設定されている。その結果として出力が低くなる。

【0014】このように、従来のハードバイアス構造のスピバルブヘッドでは、ヘッドの出力は磁区制御層の強さに大きく依存しているため、磁区制御層の強さが強

い場合には、出力が低下し、磁気記録再生装置の誤動作が増加する。

【0015】本発明の目的は、電極間隔が狭い場合には磁区制御層の強さに依らず安定した高い再生出力を得ることができる磁気抵抗効果型ヘッドとこのヘッドを用いた磁気再生装置及び磁気記録再生装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が多層に積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の積層方向と交差する幅方向の領域の両側に隣接して配置された磁区制御層と、磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一对の電極とを備え、磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する単層又は複数層の第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された単層又は複数層の第二の強磁性膜と、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とを有し、第二の強磁性膜がその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に直接積層されている磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記一对の電極の一部がそれぞれ前記磁気抵抗効果膜上に積層され、前記各電極の間隔が前記磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されていること又は電極は磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電流を流す位置に配置され、その間隔が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドを構成したものである。

【0017】また、その間隔は $0.25 \sim 1.5\mu\text{m}$ とすることができる。

【0018】巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果型ヘッドのうち、第二の強磁性膜上に磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜が直接積層されているものには、一对の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜上に積層され、各電極の間隔が磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されている構成を採用することができる。

【0019】本発明は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が積層された磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して配置された磁区制御層と、該磁区制御層上に積層されて磁気抵抗効果膜と電氣的に接続された一对の電極とを備え、前記磁気抵抗効果膜は、磁気記録媒体からの磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二および第三の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された第一の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された第二の非磁性導体膜と、前記第一の強磁性膜は第二の強磁性膜の上に積層され、第三の強磁性膜は第一の強磁性膜の上に積層されており、前記第二および第三の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜と



を有する磁気抵抗効果型ヘッドにある。

【0020】その巨大磁気抵抗効果型ヘッドのうち、第三の強磁性膜上に磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜が直接積層されているものには、一対の電極の一部がそれぞれ前記反強磁性膜もしくは永久磁石膜に積層され、各電極の間隔が磁気抵抗効果膜の幅よりも狭く形成されているか、又は前述の如く磁気抵抗効果膜の中心部にのみ電流を流す位置に配置され、その間隔が $2\mu\text{m}$ 以下である構成を採用することができる。

【0021】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、磁区制御層に永久磁石膜を用いた場合には第二又は第三の強磁性膜の磁化方向を固定する磁性膜には反強磁性膜を用い、磁区制御層に反強磁性膜と軟磁性膜との積層膜を用いた場合の第二又は第三の強磁性膜の磁化方向を固定する磁性膜には反強磁性膜又は永久磁石膜を用いるのが好ましい。前者の關係が特に好ましいものである。

【0022】磁気抵抗効果膜の幅は、一対の電極の間隔に $0.5\sim 4\mu\text{m}$ を加えた値が好ましい。

【0023】また、一対の電極のうち電極間隔を規定する各電極端部の位置は、磁気抵抗効果膜の幅方向両端部からそれぞれ $0.25\sim 2\mu\text{m}$ の範囲が好ましい。

【0024】更に、一対の電極の電極間隔は $2\mu\text{m}$ 以下、特に $2\mu\text{m}$ 未満、より $0.25\sim 1.5\mu\text{m}$ に設定することができる。

【0025】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドは再生ヘッドとして用いられ、以下の装置に適用することができる。

【0026】(1) 情報を磁気的に記録する磁気記録媒体と、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路とを備えた磁気再生装置。

【0027】(2) 情報を磁気的に記録する磁気記録媒体と、電気信号に応じた磁界を発生しこの磁界による情報を磁気記録媒体に記録させる記録ヘッドと、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路とを備えた磁気記録再生装置。

【0028】(3) 複数台の上述の磁気記録再生装置と、これらの装置の動作を制御するコントローラとを備えたディスクアレイ装置。

【0029】前記した手段によれば、各電極の相対向する端部が磁気抵抗効果膜の幅方向の端部位置に比べて内側に配置され、磁気抵抗効果膜の幅方向端部には実質的に電流が流れず、磁区制御層からの磁界の影響を受けにくい中央部のみ電流が流れるため、磁区制御層の強さが必ずしも十分ではない時でも、磁気抵抗効果膜からバルクハウゼンノイズが発生するのを抑制することができる。更に、磁区制御層の強さが十分な場合でも、出力を高く保つことができる。しかも電極の幅を狭くしても、

高感度な出力を保持できるとともに、読みにじみを小さくでき、高トラック密度化にも対応することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】

【実施例1】図1は、本発明に係るスピナバルブヘッドの媒体対向面を示す構成図である。図1において再生用の磁気抵抗効果型ヘッドとして構成されたスピナバルブヘッド（巨大磁気抵抗効果型ヘッド）は磁気抵抗効果膜10、磁区制御層12、一対の電極14を備えており、磁気抵抗効果膜10が反強磁性膜16上に積層されている。磁気抵抗効果膜10は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が多層に積層されている。多層膜は、第一の強磁性膜18、非磁性導体膜20、第二の強磁性膜22、24から構成されており、第二の強磁性膜24が反強磁性膜16上に積層されている。これら多層膜は、所定の幅（磁気抵抗効果膜の幅26）に対応した大きさに切り落された状態で積層されている。第一の強磁性膜18は自由層として、例えばNiFe、CoFe、CoNiFe等を用いて構成され、膜厚は5nm（好ましくは $2\sim 15\text{nm}$ ）に設定されている。非磁性導体膜20には、例えばCuが用いられており、膜厚は2nm（好ましくは $1\sim 5\text{nm}$ ）に設定されている。第二の強磁性膜22、24はそれぞれ固定層として積層膜を構成しており、第二の強磁性膜22には、例えばCoが用いられ、膜厚は1nmに設定されている。第二の強磁性膜24には、例えばNiFeが用いられており、この膜厚は1nmに設定され、好ましくは両者で $1\sim 5\text{nm}$ である。反強磁性膜16にはNiOが用いられており、この膜厚は50nm（好ましくは $20\sim 80\text{nm}$ ）に設定されている。そして第二の強磁性膜22、24はその磁化方向が反強磁性膜16との交換結合によってほぼ媒体対向面を指すように固定されている。第一の強磁性膜18の磁化方向は、例えば磁気抵抗効果膜の幅方向に設定されており、この磁化方向は磁気記録媒体の磁界によって紙面と垂直方向に変化している。第一の強磁性膜18は第二の強磁性膜22、24の合計の厚さより大きく約2～3倍の大きさを有する。

【0031】磁区制御層12は永久磁石膜28と配向制御下地膜30とが積層された積層膜で構成されており、磁区制御層12は磁気抵抗効果膜10の積層方向と交差する幅方向の領域の両側に隣接して配置されている。永久磁石膜28としては、例えばCoCrPt系の合金が用いられており、配向制御下地膜30としては、10nm（好ましくは $5\sim 20\text{nm}$ ）のCrが用いられている。そして磁区制御層12から発生する磁界によって第一の強磁性膜18が単一の磁区に制御されるようになっている。磁区制御層12は第一の強磁性膜18とほぼ同じ高さに配置されており、その厚さは10nm（好ましくは $4\sim 30\text{nm}$ 、より $5\sim 15\text{nm}$ が好ましい）である。

【0032】 一对の電極14はそれぞれ磁区制御層12上に積層されており、各電極14の一部が第一の強磁性膜18上に積層されている。すなわち各電極14は、電極間隔32を保って第一の強磁性膜18と磁区制御層12上に積層されている。各電極14は、例えばAu, Cu, Taなどの金属で構成されており、各電極14の電極間隔32は磁気抵抗効果膜の幅26よりも狭く設定されている。

【0033】 スピンバルブヘッドでは、出力はスピンバルブ膜固有の比抵抗変化量 $\Delta\rho$ と、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜の磁化方向のなす角度 $\Delta\theta$ の余弦 $\cos\Delta\theta$ との積に比例する。そして比抵抗変化量 $\Delta\rho$ がAMRヘッドに比べて2倍以上高いところから、スピンバルブヘッドがAMRヘッドに比べて高感度であることが知られている。ここで、第二の強磁性膜の磁化方向を媒体対向面に対して垂直に、例えば、真下（マイナス $90^\circ$ ）付近に固定したとすると、 $\cos\Delta\theta$ は第一の強磁性膜の磁化方向と媒体対向面とのなす角度 $\theta$ を用いて、 $\cos(\theta + 90^\circ)$ と書き直すことができる。すなわち、出力は $\sin\theta$ に比例する。このため、出力を $\theta$ の変化に対して線形に変化させるためには、 $\theta$ は $0^\circ$ 付近が望ましい。よって、第一の強磁性膜の磁化方向は、媒体対向面とほぼ平行、すなわちほぼ真横になるように設定してある。

【0034】 図2は、スピンバルブヘッドの反強磁性膜16として、NiOの代わりに、FeMn系、NiMn系、CrMn系などの合金を用いたスピンバルブヘッドの構成図である。第二の強磁性膜22, 24のうちいずれか一方を省略することも可能である。図2に示すように、磁気抵抗効果膜10の積層方向が図1とは異なり、磁気抵抗効果膜10上に反強磁性膜16が積層される。また、図1, 図2に示したいずれの場合にも、反強磁性膜16は永久磁石膜に置換することができる。本図面における各層の厚さは図1と同様である。磁区制御層12は反強磁性膜16の上面より下になる。

【0035】 図3は、スピンバルブヘッドの出力を高くするため、その応用であるデュアルスピンバルブヘッドを用いた構成図である。この場合の磁気抵抗効果膜10の構成は、図3に示すように、第一の強磁性膜18、磁化方向が固定された第二の強磁性膜22, 24、第三の強磁性膜36, 38、第一の強磁性膜18と第二の強磁性膜22との間に挿入された非磁性導体膜20と、第一の強磁性膜18と第三の強磁性膜36との間に挿入された非磁性導体膜34とから構成されており、第二の強磁性膜22, 24は反強磁性膜16上に積層され、反強磁性膜40は第三の強磁性膜36, 38上に積層された構成となっている。第一の強磁性膜18は自由層として、例えば、NiFe, CoFe, CoNiFe等を用いて構成され、膜厚は5nmに設定されている。非磁性導体膜20, 34には、例えばCuが用いられ、膜厚は2nmに設定されている。第二の強磁性膜22, 24および

第三の強磁性膜36, 38は、それぞれ固定層として積層膜を構成しており、第二の強磁性膜22, 第三の強磁性膜36には例えばCoが用いられ、ともに膜厚は1nmに設定されている。第二の強磁性膜24, 第三の強磁性膜38には例えばNiFeが用いられ、ともに膜厚は1nm（好ましくは0.5~3nm）に設定されている。反強磁性膜16, 40にはNiO, CoO等酸化物やFeMn系, NiMn系, CrMn系の合金などから最も適したものが選ばれる。ここで反強磁性膜16, 40は同一の材料で構成しても別材料で構成してもよく、更に永久磁石に置換することもできる。また第二の強磁性膜22, 24のうちいずれか一方を省略することもでき、同様に第三の強磁性膜36, 38のうちいずれか一方を省略することもできる。他の各層の厚さは図1と同様である。

【0036】 また上記各スピンバルブヘッドにおいて、永久磁石膜28は、NiFe系合金と反強磁性膜であるFeMn系, NiMn系, CrMn系などの合金との積層膜に置換することもできる。この場合、配向制御下地膜30はTaなどに置換した方が良い特性が得られる。磁区制御層12は磁気抵抗効果膜10の上面より下に形成される。

【0037】 図4は、本発明におけるスピンバルブヘッドを用いて再生信号を測定するに際して、磁区制御層12の磁界の強さを示す長手バイアス比を0.8と低くして測定した測定結果を示す線図である。この時、同一の条件で従来のハードバイアス構造のスピンバルブヘッドを測定したところ、従来のヘッドではバルクハウゼンノイズが生じているのに対して、本発明によるヘッドに依れば、バルクハウゼンノイズが抑制されていることがわかる。これは、各電極14の電極間隔32が磁気抵抗効果膜の幅26よりも狭く設定され、磁気抵抗効果膜10のうちバルクハウゼンノイズの発生源である端部には電流が流れないので、このバルクハウゼンノイズを感知しなくても済むためである。このため、磁区制御層12の磁界の強さが十分でない場合でも、バルクハウゼンノイズの発生が抑制され、このヘッドを磁気記録再生装置に用いても、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができる。

【0038】 図5は、磁区制御層の強さが十分な場合として、長手バイアス比を1.5とした時の単位電極間隔当たりの出力（感度）と電極間隔との関係を従来のハードバイアス構造のヘッドと比較した線図である。なお、本発明におけるスピンバルブヘッドにおいては、各電極14が第一の強磁性膜18を覆う距離34に対応したオーバーラップ量を $0.5\mu\text{m}$ とし、磁気抵抗効果膜の幅26を電極間隔32+ $1.0\mu\text{m}$ としている。

【0039】 図5から、本発明のヘッドに依れば、従来のヘッドとは異なって、電極間隔32が $0.5\mu\text{m}$ と極めて狭くなった場合でも、感度を高く保つことができる



ことがわかる。

【0040】図6は、本実施形態におけるスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドのマイクロトラック特性を比較したものである。マイクロトラック特性の半値幅は、実効的な再生幅を示し、この比較により読みにじみの大小の比較が可能となる。なお、図6では、本発明におけるヘッドのオーバーラップ量は左右ともに $0.5\mu\text{m}$ としている。そして電極間隔は各ヘッドとともに $1.0\mu\text{m}$ とした。ここでマイクロトラック特性は、磁気記録媒体上にトラック幅 $0.2\mu\text{m}$ 程度の細い領域に信号を記録し、このマイクロトラックの信号をヘッドの下で移動させることによって求められる。

【0041】図6から、本発明のヘッドの半値幅（実効トラック幅）は $1.0\mu\text{m}$ と電極間隔に等しく、読みにじみは小さいことがわかる。一方、従来のヘッドでは $0.9\mu\text{m}$ と電極間隔よりもむしろ若干狭い。

【0042】そこで、本発明に依るヘッドと従来のヘッドの出力に関して、実効トラック幅で規格化して比較したところ、従来のヘッドの規格化出力は $0.78$ であったのに対して、本発明のヘッドでは $0.95$ と約2割高い結果が得られた。この結果からも、本発明のヘッドは従来のヘッドよりも有利であることがわかる。

【0043】このように、長手バイアス比が大きく、電極間隔が狭くなった場合でも、高感度さを保持でき、かつ読みにじみが小さいため、磁気記録再生装置が高トラック密度化されても、本発明のヘッドを用いれば、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができる。

【0044】図7は、電極間隔が $1\mu\text{m}$ と狭い場合の出力とオーバーラップ量との関係を測定した結果を示す線図である。

【0045】図7から、ヘッドの出力を本来の出力の90%以上に保つためには、オーバーラップ量を $0.25\mu\text{m}$ 以上にすれば良いことがわかる。これは、磁気抵抗効果膜10の幅方向の端部の領域、すなわち感度が低い領域には実質的に電流が流れず、感度の高い中央部の領域にのみ電流が流れるので、出力を高く保つことができるからである。このため、狭電極間隔でありながら高感度なヘッドとするためには、各電極14の先端側の端部は左右ともに磁気抵抗効果膜10の幅方向の端部よりも $0.25\mu\text{m}$ 以上内側になるように配置することが望ましい。

【0046】一方、オーバーラップ量を余り大きくすると、磁気抵抗効果膜10の両側に隣接して配置されている磁区制御層12の効果が感磁部にまで波及しなくなる。すなわち本発明のスピバルブヘッドでは、磁化の最も不安定でノイズ発生源になり得る部分は各電極14の内側の端部の領域である。これは、この領域で電流によるバイアス磁界のねじれが生じるからである。従って、各電極の端部位置において、電流によるバイアス磁界（ $5\sim 10$ エルステッド程度）を上回る、磁気抵抗抗

果膜の幅方向の実効的異方性磁界が磁区制御層12によって第一の強磁性膜18に印加されていることが望ましい。

【0047】図8は磁区制御層12からの距離と実効的異方性磁界との関係を求めた結果を示す線図である。図8には、第一の強磁性膜18の幅方向の実効的な異方性磁界の分布が示されている。ここでは、原点に存在する磁化のみが強く幅方向に拘束されている（磁区制御されている）ことを仮定した。図8から実効的な異方性磁界を10エルステッド以上にするには、磁区制御層12からの距離は $2\mu\text{m}$ 以下にすると良いことがわかった。そこで、各電極14の内側（先端側）の端部位置を、磁気抵抗効果膜10の幅方向の端部位置に比べて左右ともにそれぞれ $2\mu\text{m}$ 以下の範囲内で内側になるように配置することが望ましい。すなわち、各電極14に対するオーバーラップ量としては、 $0.25\mu\text{m}$ 以上で $2\mu\text{m}$ 以下の範囲内にあることが望ましい。

【0048】図9は、電極間隔を $1.0\mu\text{m}$ と狭くした場合のヘッドの出力と長手バイアス比との関係について従来のヘッドと比較した結果を示す線図である。

【0049】図9から、本発明のヘッドに依れば、長手バイアス比、すなわち磁区制御層12の磁界の強さが大きくなっても、磁区制御層12の磁界の影響を大きく受けることなく出力の低下を低く抑えることができる。

【0050】本実施形態によれば、電極間隔が狭くなっても、磁区制御層12の磁界の強さが強くなっても出力の低下を低く抑えることができ、高出力のヘッドを提供することができる。

【0051】電極を磁気抵抗効果膜の上に積層することによって、電極と磁気抵抗効果膜との間の接触抵抗を低くする（従来： $1\sim 5\Omega$ 、本発明 $1\Omega$ 以下）にすることができる。よってヘッドノイズや不要な発熱を抑えることができる。

【0052】また、本実施形態によるヘッドを以下の装置に用いれば、誤動作の少ない装置を提供することができる。例えば、磁気再生装置として、情報を磁気的に記録する磁気記録媒体と、磁気記録媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生ヘッドと、再生ヘッドからの電気信号を処理する再生処理回路を備えたもの。更に、この再生装置の要素に加えて、電気信号に応じた磁界を発生しこの磁界に依る情報を磁気記録媒体に記憶される記録ヘッドを備えたもの。

【0053】（実施例2）図10は、本発明の一実施形態であるスピバルブヘッドの媒体対向面を示す構成図である。図10において再生用の磁気抵抗効果型ヘッドとして構成されたスピバルブヘッド（巨大磁気抵抗効果型ヘッド）は、磁気抵抗効果膜10、磁区制御層33、一対の電極31を備えており、磁気抵抗効果膜10は、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の膜が多層に積層されている。

【0054】多層膜は、第一の強磁性膜11、非磁性導体膜19、第二の強磁性膜13から構成されており、第二の強磁性膜13の上に反強磁性膜21が積層されている。これら多層膜からなる磁気抵抗効果膜10と反強磁性膜21とは、積層して形成された後に、磁気抵抗効果膜10の幅（第一の強磁性膜11、非磁性導体膜19、第二の強磁性膜13の幅のうち、最も狭い幅で定義する）51が所定の大きさである例えば $2.0\mu\text{m}$ になるように、一括して両横が切り落されている。第一の強磁性膜11は自由層として、例えば $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ を用いて構成され、膜厚は例えば $2\sim 15\text{nm}$ 程度の間の最適な値に設定されている。また、第一の強磁性膜11は自由層として、例えば $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{68}\text{Fe}_{17}\text{Co}_{15}$ 、 $\text{Co}_{60}\text{Ni}_{20}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 、 $\text{Co}$ 等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成することもできる。非磁性導体膜19には、例えば $\text{Cu}$ が用いられており、膜厚は例えば $1\sim 4\text{nm}$ 程度の間の最適な値に設定されている。第二の強磁性膜13は固定層として、例えば $\text{Co}$ を用いて構成され、膜厚は例えば $1\sim 5\text{nm}$ 程度の間の最適な値に設定されている。また、第二の強磁性膜13は固定層として、例えば $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{68}\text{Fe}_{17}\text{Co}_{15}$ 、 $\text{Co}_{60}\text{Ni}_{20}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 、 $\text{Co}$ 等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成することもできる。反強磁性膜21には例えば $\text{Cr}_{45}\text{Mn}_{45}\text{Pt}_{10}$ が用いられており、この膜厚は例えば $30\text{nm}$ 程度に設定されている。また反強磁性膜21には、上記のほかに例えば $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 、 $\text{Mn}_{80}\text{Ir}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ 等を用いることもできる。そして、第二の強磁性膜13はその磁化方向が反強磁性膜21との交換結合によってほぼ媒体対向面を指すように固定されている。第一の強磁性膜11の磁化方向は、例えば磁気抵抗効果膜の幅方向に設定されており、この磁化方向は磁気記録媒体の磁界によって紙面と垂直方向に変化するようになっている。なお、反強磁性膜21は永久磁石に置換することもできる。

【0055】磁区制御層33は、例えば永久磁石膜と配向制御下地膜とが積層された積層膜で構成されており、磁区制御層33は磁気抵抗効果膜10の積層方向と交差する幅方向の領域の両側に隣接して配置されている。磁区制御層33を構成する永久磁石膜としては、例えば、 $\text{Co}_{75}\text{Cr}_{10}\text{Pt}_{15}$ 、 $\text{Co}_{75}\text{Cr}_{10}\text{Ta}_{15}$ 等が用いられており、配向制御下地膜は例えば $\text{Cr}$ が用いられている。また、磁区制御層33を構成する永久磁石膜としては、他に例えば $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ を用いることもでき、また、 $\text{Co}_{75}\text{Cr}_{10}\text{Pt}_{15}$ 、 $\text{Co}_{75}\text{Cr}_{10}\text{Ta}_{15}$ 、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ 等の合金に $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 等の酸化物を添加したものを用いることもできる。これらの場合、配向制御下地膜を省略することもできる。そして磁区制御層33から発生する磁界によって第一の強磁性膜11が単一の磁区に制御されるようになっている。ま

た、磁区制御層33は、反強磁性膜と強磁性膜と配向制御下地膜との積層膜で構成することもできる。この場合、反強磁性膜は $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 、 $\text{Mn}_{80}\text{Ir}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ 、 $\text{Cr}_{45}\text{Mn}_{45}\text{Pt}_{10}$ 等の合金から選択され、強磁性膜は $\text{NiFe}$ 系、 $\text{CoFe}$ 系、 $\text{CoNi}$ 系の合金等から選択され、配向制御下地膜は $\text{Ta}$ 等が良い。また反強磁性膜として $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 等を用いることもでき、この場合には配向制御下地膜は省略することができる。

【0056】一对の電極31は、それぞれ磁区制御層33上に積層されており、各電極の一部が反強磁性膜21の上に積層されている。ここで、各電極と反強磁性膜との積層幅53は例えば $0.5\mu\text{m}$ に設定されている。すなわち、磁気抵抗効果膜の幅51は $2.0\mu\text{m}$ であるので、各電極31は、電極間隔52が $1.0\mu\text{m}$ になるように保たれながら、磁区制御層33と反強磁性膜21上に積層されている。各電極31は、例えば $\text{Ta}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Cu}$ 等の低抵抗の金属で構成されている。

【0057】図11は、反強磁性膜21として上述の合金の代わりに $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 等の酸化物を用いたスピンバルブヘッドの断面図である。図11に示すように、磁気抵抗効果膜10と反強磁性膜21の積層方向が図10とは異なり、反強磁性膜21の上に磁気抵抗効果膜10が積層される。よって一对の電極31は、それぞれ磁区制御層33上に積層されており、各電極の一部が第一の強磁性膜11の上に積層されている。なお、反強磁性膜21は永久磁石に置換することができる。各層の厚さは図10と同様である。

【0058】図12は、スピンバルブヘッドの感度を高くするためその応用であるデュアルスピンバルブヘッドを用いた場合の断面図である。この場合の磁気抵抗効果膜10の構成は、反強磁性膜21の上に第二の強磁性膜13、非磁性導体膜17、第一の強磁性膜11、非磁性導体膜23、第三の強磁性膜15、反強磁性膜22が逐次直接積層された構成となっている。第一の強磁性膜11は自由層として、例えば $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{68}\text{Fe}_{17}\text{Co}_{15}$ 、 $\text{Co}_{60}\text{Ni}_{20}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 、 $\text{Co}$ 等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成されており、膜厚は例えば $2$ から $15\text{nm}$ 程度の間の最適な値に設定されている。非磁性導体膜17及び非磁性導体膜23には、例えば $\text{Cu}$ が用いられており、膜厚は例えば $1$ から $4\text{nm}$ 程度の間の最適な値に設定されている。第二の強磁性膜13及び第三の強磁性膜15は固定層として、例えば $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{68}\text{Fe}_{17}\text{Co}_{15}$ 、 $\text{Co}_{60}\text{Ni}_{20}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 等の単層膜、及びこれらのうちの幾つかの膜を最適に積層した多層膜を用いて構成されており、膜厚は例えば $1\sim 5\text{nm}$ 程度の間の最適な値に設定されている。反強磁性膜21、22には、 $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 、 $\text{Mn}_{80}\text{Ir}_{20}$ 、 $\text{Ni}_{50}\text{Mn}_{50}$ 、 $\text{Cr}_{45}\text{Mn}_{45}\text{Pt}_{10}$ 等の合金や、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CoO}$ 等の酸化物から最適なものを選ばれ

る。ここで、反強磁性膜21、22は同一の材料で構成しても別材料で構成しても良く、更に永久磁石に置換することもできる。他、各層の厚さは図10と同様である。

【0059】図10～図13の磁区制御層の位置及び厚さは実施例1と同様の関係を有するものである。

【0060】以下、本発明のスピンバルブヘッドの一例として、図10に示したヘッドを用いて特性の説明を行う。図14は図10に示すスピンバルブヘッドと図13に示す電極の一部をMR膜上に形成した比較のAMRヘッドとの再生特性の比較を行った結果である。なお、図13に示したAMRヘッドは、磁気抵抗効果膜10としてMR膜41、中間Ta層42、SAL43が積層した構造を有する。図14では各電極31が反強磁性体21、またはMR膜41上に積層されている部分の幅53（磁区制御層33から各電極31の端部までの距離（オーバーラップ量））を変化させて、ヘッドの再生出力を測定した。電極間隔52は $1.0\mu\text{m}$ 一定とし、オーバーラップ量53を変化させた場合には、磁気抵抗効果膜の幅51も同時に変化させた。図14に示すように比較の図13のAMRヘッドの場合、オーバーラップ量53を大きくしても、出力はあまり上昇しない。しかしながら、本発明のスピンバルブヘッドの場合、オーバーラップ量53を大きくした場合の出力上昇は著しい。スピンバルブヘッドで出力が高くなるのは、磁区制御層33の影響で感度の低くなっている磁気抵抗効果膜10の幅方向の端部領域を、各電極31でオーバーラップすることによって、実質的には電流を流さず、感度の高い中央部分の出力のみを取り出しているためである。一方、AMRヘッドでこの効果がはっきりと現われないのは、磁気抵抗効果膜10のうち各電極31がオーバーラップした部分の磁化状態がオーバーラップ無しの場合とは大きく異なるため、出力が低下し、これが出力の上昇分をキャンセルしてしまうことにあるとわかった。このような、オーバーラップの有無による磁化状態の違いは、本発明のスピンバルブヘッドでは極めて小さい。これは第二の強磁性膜13の磁化状態が、電流によって変化しにくいという特徴によっている。よって、本発明のスピンバルブヘッドには、各電極31の一部を反強磁性膜21等の上に形成することによって出力を高くできるという、特有の効果があることがわかった。

【0061】次に、オーバーラップ量53の最適値を求めた。図14から、本発明のヘッドにおいて、ヘッドの出力を最大値の90%以上に保つためには、オーバーラップ量53を $0.25\mu\text{m}$ 以上にすれば良いことがわかる。よって、狭電極間隔でありながら高感度なヘッドとするためには、各電極31の先端側の端部は、左右ともに磁気抵抗効果膜10の幅方向の端部よりも $0.25\mu\text{m}$ 以上内側になるように配置することが望ましい。一方、オーバーラップ量53を余り大きくすると、磁気抵

抗効果膜10の両側に隣接して配置されている磁区制御層33の効果が感磁部まで波及しなくなる。すなわち本発明のスピンバルブヘッドでは、磁化の最も不安定でノイズ発生源になり得る部分は各電極31の先端側の端部領域である。これは、ここを境にして電流によるバイアス磁界の有無の差が生じるからである。従って、各電極の端部位置において、電流によるバイアス磁界（5から10エルステッド程度）を上回る、磁気抵抗効果膜10の幅方向の実効的異方性磁界が、磁区制御層33によって第一の強磁性膜11に印加されていることが望ましい。図15は、オーバーラップ量53と、電極端部における磁気抵抗効果膜10の幅方向の実効的異方性磁界との関係を示す線図である。図15から電極端部位置での実効的異方性磁界を10エルステッド以上にするには、オーバーラップ量53は $2\mu\text{m}$ 以下にすると良いことがわかった。そこで、各電極31の先端側の端部位置を、磁気抵抗効果膜10の幅方向の端部位置に比べて、左右ともにそれぞれ $2\mu\text{m}$ 以下の範囲で内側になるように配置することが望ましい。すなわち、各電極31に対するオーバーラップ量53としては、 $0.25\mu\text{m}$ 以上で $2\mu\text{m}$ 以下の範囲内にあることが望ましい。

【0062】図16は、スピンバルブヘッドにおいて、本発明のようにオーバーラップ量がある場合と、従来のヘッドのようにオーバーラップ量が無い場合の電極間隔（ $1\mu\text{m}$ ）あたりの出力、すなわち感度と電極間隔との関係を示す線図である。本発明におけるスピンバルブヘッドにおいては、各電極31が反強磁性膜21を覆う幅に対応したオーバーラップ量53を $0.5\mu\text{m}$ とし、磁気抵抗効果膜の幅51を電極間隔52に $1.0\mu\text{m}$ を加えた値としている。図16から、本発明のヘッドによれば、従来のヘッドとは異なって、電極間隔52が $0.5\mu\text{m}$ と極めて狭くなった場合でも、感度を高く保つことができることがわかる。

【0063】また、本発明のスピンバルブヘッドでは、反強磁性膜21の一部に各電極31が積層されていることを考慮し、読みにじみの大小をマイクロトラック特性を測定することによって、従来のヘッドと比較した。電極間隔は、ともに $1.0\mu\text{m}$ とした。なお、マイクロトラック特性は、磁気記録媒体上にトラック幅 $0.2\mu\text{m}$ 程度の細い領域に信号を記録し、このマイクロトラックの信号をヘッドの下で移動させることによって求められる。オーバーラップ量53を $0.5\mu\text{m}$ とした本発明のヘッドにおいて、マイクロトラック特性の半値幅すなわち実効トラック幅は $1.0\mu\text{m}$ と電極間隔に等しく、読みにじみは小さいことがわかる。一方、従来のヘッドでは実効トラック幅は $0.9\mu\text{m}$ と電極間隔よりもむしろ狭い。そこで、本発明によるヘッドと従来のヘッドの出力に関して、実効トラック幅で規格化して比較したところ、従来のヘッドの規格化出力は0.78であったのに対して、本発明のヘッドは0.95と約2割高い結果が

得られた。この結果からも、本発明のヘッドは従来よりも有利であることがわかる。

【0064】このように、電極間隔が狭くなった場合でも、高感度さを保持でき、かつ読みにじみが小さいため、磁気記録再生装置が高トラック密度化されても、本発明のヘッドを用いれば、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができ、また磁気記録再生装置を低電力で動作させることができる。

【0065】図17は、電極間隔を $1.0\mu\text{m}$ と狭くした場合のヘッドの出力と長手バイアス比との関係について、従来のヘッドと比較した示した線図である。図17に示すように本発明のヘッドによれば、磁区制御層33の作る磁界の強さを示す長手バイアス比がバラツキを持っていても、この影響を直接受けることなく、出力のバラツキを低く抑えることができる。このため本発明のヘッドを用いれば、高歩留まりのヘッドを提供することができる。また長手バイアス比が高い場合にも高感度さを保持できるので、本発明のヘッドを用いれば、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができ、また磁気記録再生装置を低電力で動作させることができる。

【0066】図18は、本発明におけるスピバルブヘッドを用いて再生信号を測定するに際して、長手バイアス比を0.8と低くして測定した結果を示す線図である。この時、同一の条件で従来のスピバルブヘッドを測定したところ、従来のヘッドではバルクハウゼンノイズと呼ばれる信号の不連続が観測されたのに対して、本発明によるヘッドによれば、バルクハウゼンノイズが抑制されていることがわかる。これは、各電極31の間隔52が磁気抵抗効果膜の幅51よりも狭く設定され、磁気抵抗効果膜10のうちバルクハウゼンノイズの発生源である端部には電流が流れないので、このバルクハウゼンノイズを感知しなくても済むためである。このため、磁区制御層32の強さが十分でない場合にも、バルクハウゼンノイズの発生が抑制され、このヘッドを磁気記録再生装置に用いても、磁気記録再生装置の誤動作を少なくすることができる。

【0067】電極を磁気抵抗効果膜の上に積層することによって、電極と磁気抵抗効果膜との間の接触抵抗を低くする（従来： $1\sim 5\Omega$ 、本発明 $1\Omega$ 以下）にすることができる。よってヘッドノイズや不要な発熱を抑えることができる。

【0068】（実施例3）図19は実施例1及び2に記載のスピバルブヘッドの磁気抵抗効果型再生ヘッドを用いたハードディスク装置の概略図である。本装置はディスク回転軸64とこれを高速で回転させるスピンドルモータ65を持っており、ディスク回転軸64には一枚ないし複数枚（本実施例では二枚）のディスク40が所定の間隔で取り付けられている。よって各ディスク40はディスク回転軸64とともに一体となって回転する。ディスク40は所定の半径と厚みを持った円板で、両面

に永久磁石膜が形成されており情報の記録面となっている。本装置はまた、ディスク40の外側にヘッドの位置決め用回転軸62とこれを駆動させるボイスコイルモータ63を持っており、ヘッドの位置決め用回転軸62には複数のアクセスアーム61が取り付けられており、各アクセスアーム61の先端には記録再生用ヘッド（以後ヘッドと記す）60が取り付けられている。よって各ヘッド60は、ヘッドの位置決め用回転軸62が所定角度だけ回転することによって各ディスク40上を半径方向に移動し、所定の場所に位置決めされる。また各ヘッド60は、ディスク40が高速で回転する時に生じる浮力と、アクセスアーム61の一部を構成する弾性体であるジンバルの押し付け力とのバランスによって、ディスク40表面から数十nm程度の距離に保持されている。スピンドルモータ65とボイスコイルモータ63とはハードディスクコントローラ66にそれぞれ接続されており、ハードディスクコントローラ66によりディスク40の回転速度やヘッド60の位置が制御されている。

【0069】図20は本発明のハードディスク装置に用いたインダクティブ型の記録ヘッド断面図であるが、この薄膜ヘッドは上部シールド膜186と、その上に付着された磁性膜からなる下部磁性膜184及び上部磁性膜185からなる。非磁性絶縁体189がこれらの磁性膜の間に付着されている。絶縁体の一部が磁気ギャップ188を規定する。支持体はエア・ベアリング表面（ABS）を有するスライダの形になっており、これはディスク・ファイル動作中に回転するディスクの媒体に近接し浮上する関係にある。

【0070】薄膜磁気ヘッドは上部磁性膜185、下部磁性膜184により出来るバック・ギャップ190を有する。バック・ギャップ190は介在するコイル187により磁気ギャップから隔てられている。

【0071】連続しているコイル187は例えばめっきにより下部磁性膜184の上に作った層になっており、これらの電磁結合する。コイル187は絶縁体189で埋められてあるコイルの中央には電気接点があり、同じくコイルの外端部終止点には電気接点として更に大きく区域がある。接点は外部電線及び読み取り書き込み信号処理ヘッド回路（図示略）に接続されている。

【0072】本発明においては、単一の層で作られたコイル187が、やや歪んだ楕円形をしており、その断面積の小さい部分が磁気ギャップに最も近く配置され、磁気ギャップからの距離が大きくなるにつれ、断面積が徐々に大きくなる。

【0073】しかし楕円形コイルはバック・ギャップ190と磁気ギャップ188との間で比較的密に多数本入っており、コイルの幅乃至断面直径はこの区域では小さい。更に、磁気ギャップから最も遠い部分での大きな断面減少は電気抵抗の減少をもたらす。更に、楕円（長円）形コイルは角や鋭い隅や端部を持たず、電流への抵

抗が少ない。又、楕円形状は矩形や円形（環状）コイルに比べ導電体の全長が少なく済む。これらの利点の結果、コイルの全抵抗は比較的少なく、発熱は少なく、適度の放熱性が得られる。熱を相当量減らすので、薄膜層の層崩れ、伸長、膨張は防止され、ABSでのボール・チップ突出の原因が除かれる。

【0074】幅の変化がほぼ均一に進む楕円形コイル形状は、スパッタリングや蒸着等より安価な従来のめっき技術で付着できる。他の形状特に角のある形のコイルではめっき付着が不均一な幅の構造になり易い。角や鋭い端縁部の除去は出来上ったコイルにより少ない機械的ストレスしか与えない。

【0075】本実施例では多数巻回したコイルがほぼ楕円形状で磁気コア間に形成され、コイル断面径は磁気ギャップからバック・ギャップに向けて徐々に拡がっており、信号出力は増加し、発熱が減少させる。

【0076】本実施例では、インダクティブ型の記録ヘッドの上部及び下部磁性膜を以下の電気めっき法によって形成した。

【0077】Ni<sup>++</sup>量：16.7 g/l, Fe<sup>++</sup>量：2.4 g/lを含み、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を含んだめっき浴において、pH：3.0, めっき電気密度：15 mA/cm<sup>2</sup> の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は4.0 μm、ギャップ長は0.4 μmである。この磁性膜の組成は42.4 Ni-Fe（重量%）であり、磁気特性は飽和磁束密度（B<sub>s</sub>）が1.64 T、困難軸保磁力（H<sub>CB</sub>）が0.5 Oe で比抵抗（ρ）は48.1 μΩcm であった。上部磁気コア85, 上部シールド層を兼ねた下部磁気コア84, コイル187である。再生のための磁気抵抗効果型素子86, 磁気抵抗効果型素子にセンス電流を流すための電極, 下部シールド層, スライダの構成を有する。本実施例の磁気コアの結晶粒径は100～500 Åとなり、困難軸保磁力が1.0 Oe 以下であった。

【0078】このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能（オーバーライト特性）を測定した結果、40 MHz以上の高周波領域でも-50 dB程度の優れた記録性能が得られた。

【0079】図21は本発明のインダクティブ型記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生ヘッドとを有する磁気ヘッドの斜視概念図である。ヘッドスライダを兼ねる基体150上に下部シールド182, 磁気抵抗効果膜110, 磁区制御膜141, 電極端子140を有する再生ヘッドと下部磁性膜184および上部磁性膜183を形成し、下部ギャップ, 上部ギャップの図示は省略してあり、コイル142は電磁誘導効果によって上部磁気コアおよび上部シールド兼下部コアに起磁力が発生するインダクティブ型記録ヘッドとを搭載したものである。

【0080】図22は負圧スライダの斜視図である。負

圧スライダ170は、空気導入面171と浮揚力を発生する二つの正圧発生面177, 177とに囲まれた負圧発生面178を有し、さらに空気導入面179並びに二つの正圧発生面177, 177と負圧発生面178との境界において負圧発生面178より段差の大きい溝174とから構成される。なお、空気流出端175には磁気ディスクに情報の記録を行う後述するインダクティブ型の記録ヘッドと再生を行う前述のMRセンサとが前述の図24に示す概略構造の記録再生分離型の薄膜磁気ヘッド素子176を有する。

【0081】負圧スライダ170の浮上時においては、空気導入面179から導入された空気は負圧発生面178で膨張されるが、その際に溝174に向かう空気の流れも作られるため、溝174の内部にも空気導入面179から空気流出端175に向かう空気の流れが存在する。したがって、負圧スライダ170の浮上時に空気中に浮遊する塵芥が空気導入面171から導入されたとしても溝174の内部へ導入され、溝174内部の空気の流れによって押し流され、空気流出端178より負圧スライダ170の外へ排出されることになる。また負圧スライダ170の浮上時には溝4内部には常に空気の流れが存在し凝み等がないため、塵芥が凝集することもない。

【0082】図23に本発明の一例である磁気ディスク装置の全体斜視図を示す。本磁気ディスク装置の構成は、情報を記録するための磁気ディスク、これを回転する手段のDCモータ（図面省略）、情報を書き込み、読み取りするための磁気ヘッド、これを支持して磁気ディスクに対して位置を変える手段の位置決め装置、即ち、アクチュエータとボイスコイルモータなどからなる。これらの図では、同一の回転軸に5枚の磁気ディスクを取り付け、合計の記憶容量を大きくした例を示している。

【0083】本実施例によれば高保磁力媒体に対しても、高周波領域でも十分に記録可能であり、メディア転送速度15 MB/秒以上、記録周波数45 MHz以上、磁気ディスク400 rpm以上のデータの高速転送、アクセス時間の短縮、記録容量の増大など優れたMR効果を有する高感度のMRセンサが得られることから面記録密度として3 Gb/in<sup>2</sup>以上との磁気ディスク装置が得られるものである。

【0084】図24には上記の磁気記録再生装置を複数台組み合わせることによってディスクアレイ装置を組んだ場合の例を示す。この場合、複数の磁気記録再生装置を同時に扱うため、情報の処理能力が早くでき、また装置の信頼性を高めることができる。この場合にも、各磁気記録再生装置の性能（低誤り率、低消費電力等）が高い方がよいことは言うまでもなく、そのため高性能な複合ヘッドが不可欠である。

【0085】

【発明の効果】本発明によれば、各電極の間隔を磁気抵

抗効果膜の幅よりも狭く形成し、磁気抵抗効果膜の中心部の領域にのみ電流を流すようにしたため、磁区制御層の強さが十分でないときでもバルクハウゼンノイズが発生するのを抑制することができ、磁区制御層の強さが十分なときでも、出力の変動を低く抑えることができる。更に、狭電極間隔であっても高感度でかつ読みにじみを少なくすることができ、高トラック密度化に適応することができる。

【0086】また、本発明によるヘッドを磁気再生装置や磁気記録再生装置に用いれば誤動作の少ない装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1本発明のスピバルブヘッドの構成図。

【図2】実施例1本発明の第二のスピバルブヘッドの構成図。

【図3】実施例1本発明の第三のスピバルブヘッドの構成図。

【図4】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドの再生波形を示す特性図。

【図5】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドにおける電極間隔と出力との関係を示す特性図。

【図6】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドにおけるオフトラック量と出力との関係を示す特性図。

【図7】本発明のスピバルブヘッドにおけるオーバーラップ量と出力との関係を示す特性図。

【図8】本発明のスピバルブヘッドにおける磁区制御層からの距離と実効的異方性磁界との関係を示す特性図。

【図9】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドにおける長手バイアス比と出力との関係を示す特性図。

【図10】実施例2に示すスピバルブヘッドの構成図。

【図11】実施例2に示すスピバルブヘッドの構成図。

図。

【図12】実施例2に示すスピバルブヘッドの構成図。

【図13】実施例2に示すAMRヘッドの構成図。

【図14】本発明と従来のAMRヘッドの出力とオーバーラップ量との関係を示す線図。

【図15】本発明のスピバルブヘッドにおける実効異方性磁界とオーバーラップ量との関係を示す線図。

【図16】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドにおける電極間隔と出力との関係を示す特性図。

【図17】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドにおける長手バイアス比と出力との関係を示す特性図。

【図18】本発明のスピバルブヘッドと従来のスピバルブヘッドの再生波形を示す特性図。

【図19】本発明に係るハードディスク装置の概略図。

【図20】本発明に係るインダクティブ型磁気記録ヘッドの断面図。

【図21】本発明に係るインダクティブ型磁気記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生ヘッドとを一体にした磁気ヘッドの部分斜視図。

【図22】本発明に係る負圧スライダの斜視図。

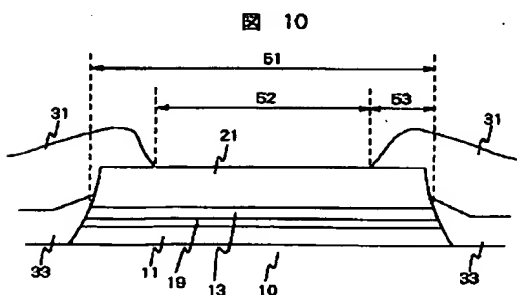
【図23】本発明に係る磁気ディスク装置の全体図。

【図24】本発明に係るディスクアレイ装置の概念図。

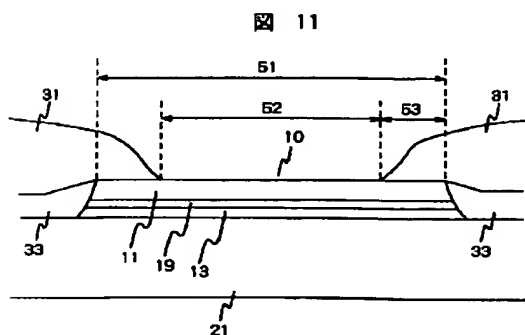
【符号の説明】

10…磁気抵抗効果膜、11、18…第一の強磁性膜、12、33…磁区制御層、13、22、24…第二の強磁性膜、14、31…電極、15、36、38…第三の強磁性膜、16、21、22、40…反強磁性膜、17、19、20、23、34…非磁性導体膜、26、51…磁気抵抗効果膜の幅、28…永久磁石膜、30…配向制御下地膜、32、52…電極間隔、142、187…コイル、183、185…上部磁性膜、184…下部磁性膜、186…上部シールド膜、188…磁気ギャップ、189…非磁性絶縁体、190…バック・ギャップ。

【図10】



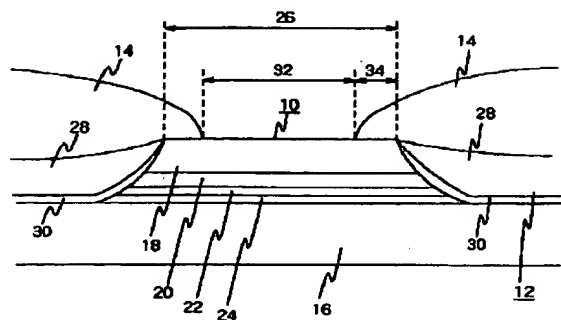
【図11】





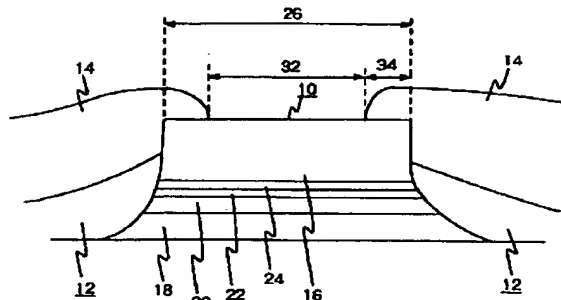
【図1】

図 1



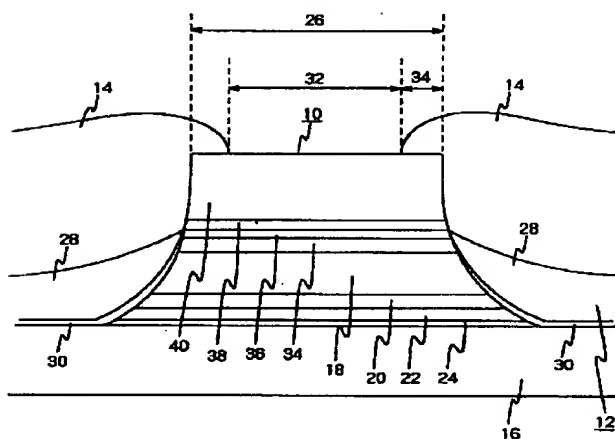
【図2】

図 2



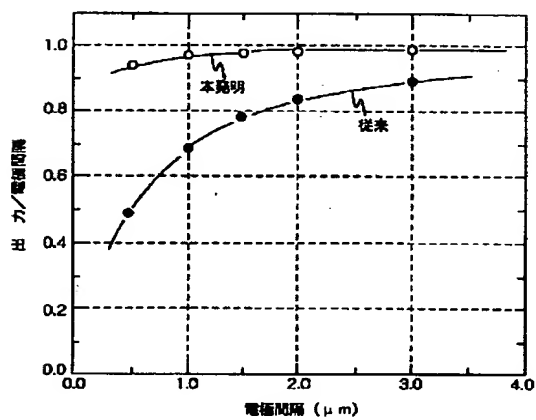
【図3】

図 3

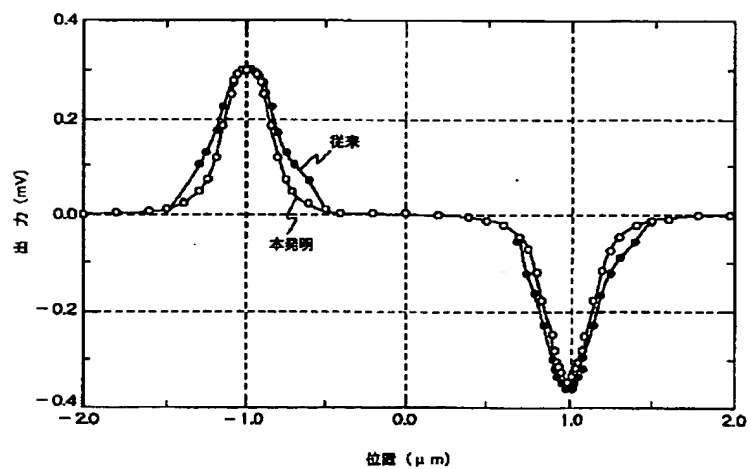


【図5】

図 5

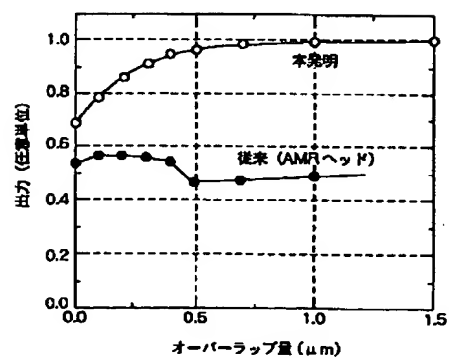


【図4】



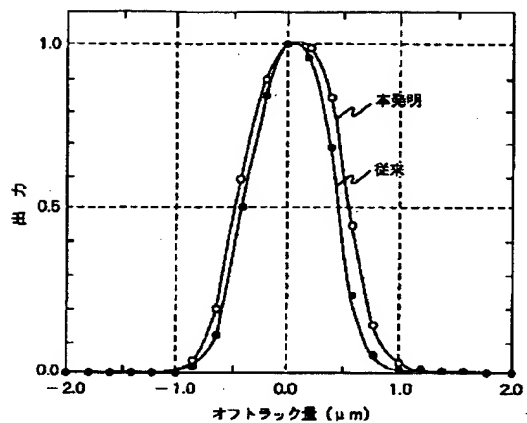
【図14】

図 14



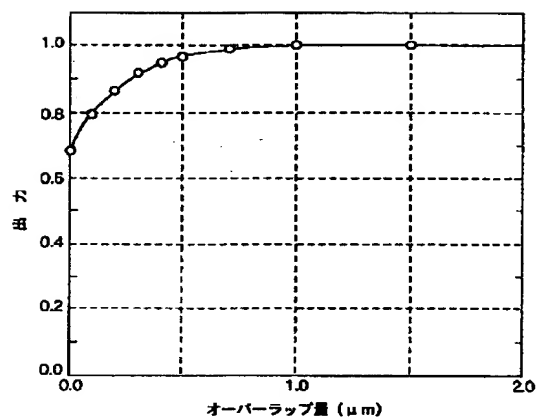
【図6】

図 6



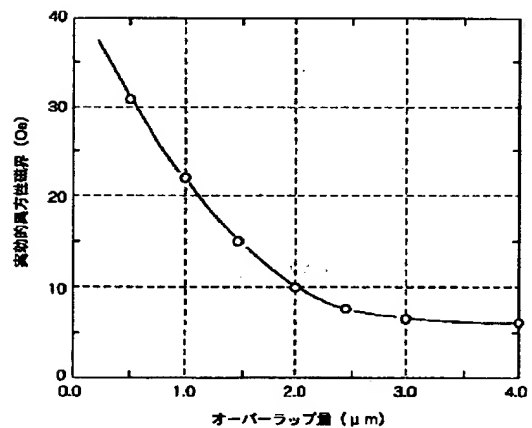
【図7】

図 7



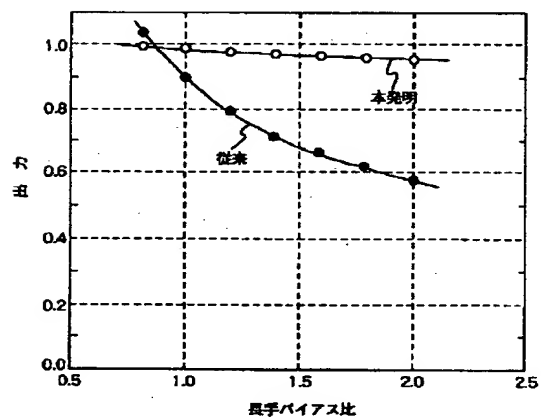
【図8】

図 8



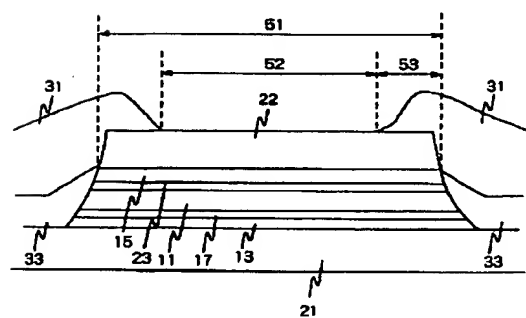
【図9】

図 9



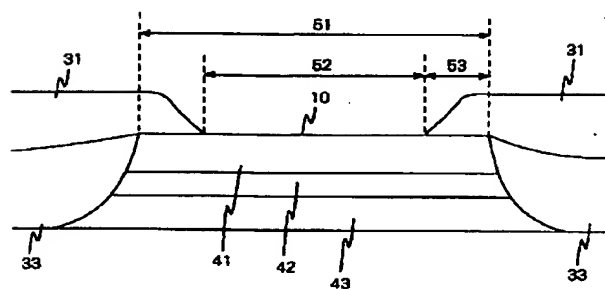
【図12】

図 12

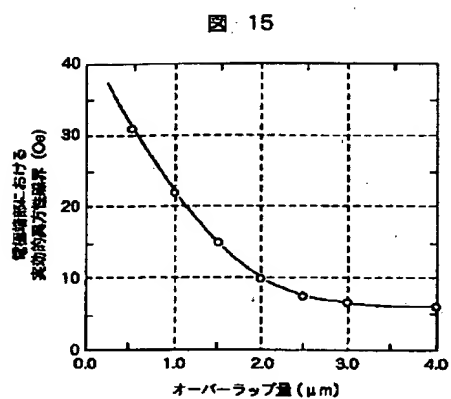


【図13】

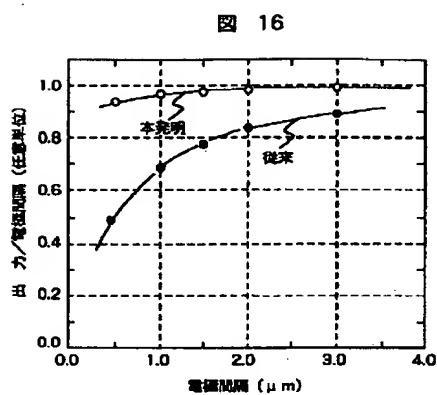
図 13



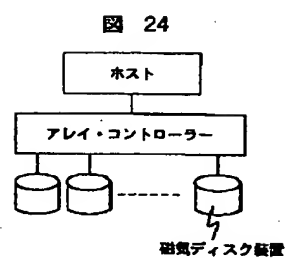
【図15】



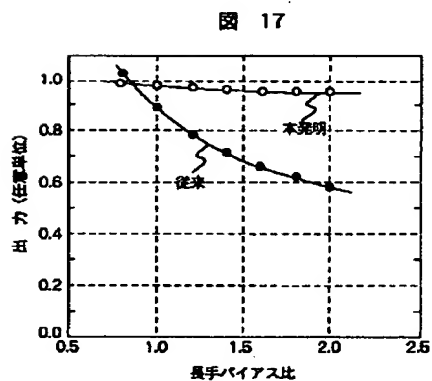
【図16】



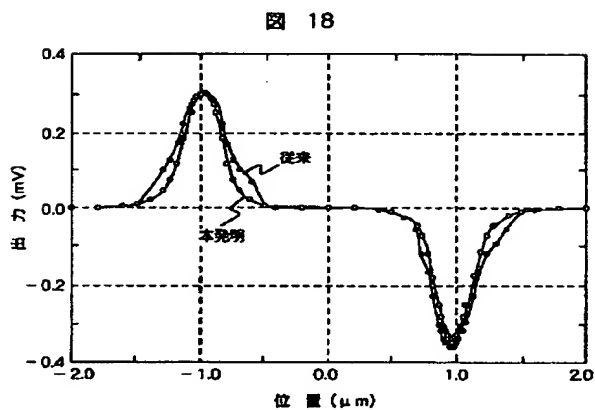
【図24】



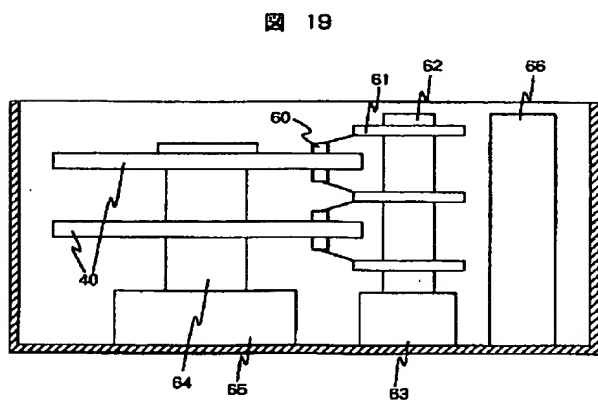
【図17】



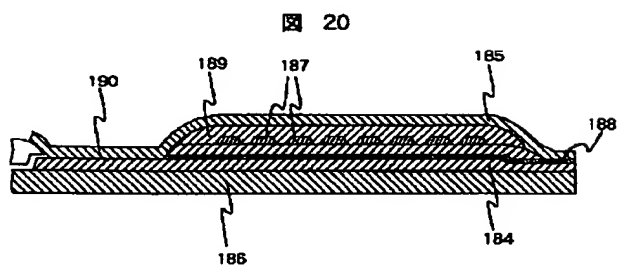
【図18】



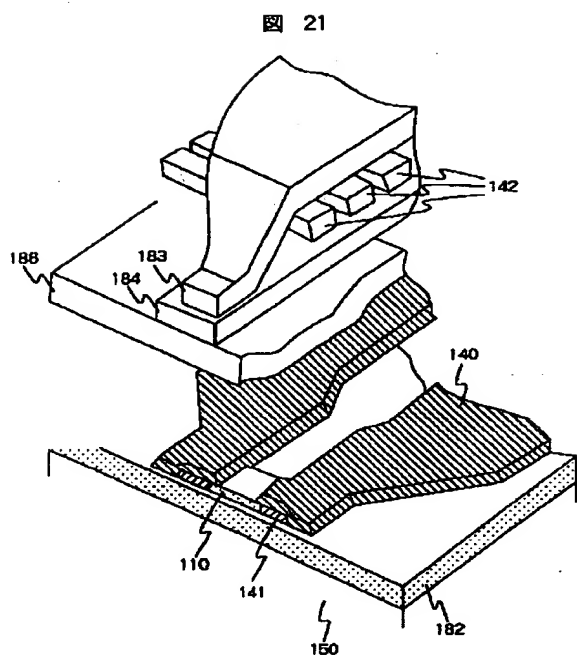
【図19】



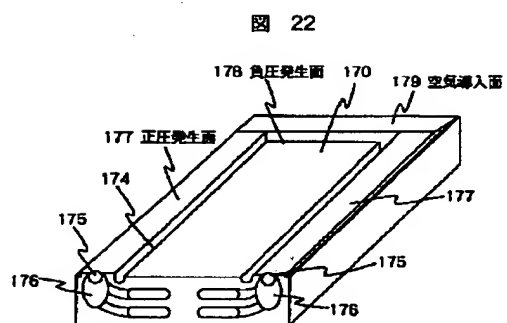
【図20】



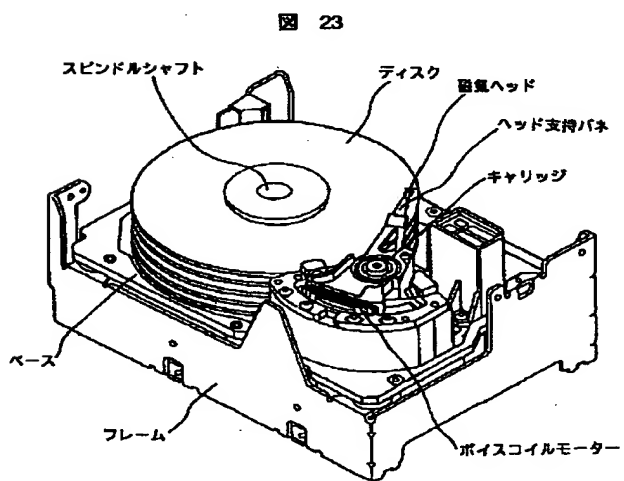
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-282618

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 09-026303

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 10.02.1997

(72)Inventor : NAKAMOTO KAZUHIRO  
KAWATO YOSHIAKI

(30)Priority

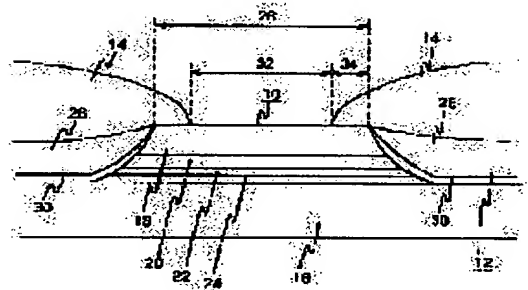
Priority number : 08 26552 Priority date : 14.02.1996 Priority country : JP

**(54) MAGNETO-RESISTIVE HEAD AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress Barkhausen noises regardless of the intensity of magnetic domain control layers and to obtain high reproduction output even if an inter-electrode spacing is narrow.

**SOLUTION:** This head is formed by constituting a magneto-resistance effect film 10 of a laminated composed a first ferromagnetic film 8, a nonmagnetic conductive film 20 and second ferromagnetic films 22, 24, laminating the second ferromagnetic film 24 on an antiferroelectric film 16 and arranging the magnetic domain control layers 12 on both sides in the transverse direction of the magneto-resistance effect film 10. The head has a pair of electrodes 14 on the respective magnetic domain control layers 12. The head has the structure to pass currents only to the central part of the magneto-resistance effect film 10 by making the inter-electrode spacing of the respective electrodes 4 narrower than the width of the magneto-resistance effect film 10.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 02.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

## [Claim(s)]

[Claim 1] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film The first ferromagnetic of \*\*\*\* or two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said magneto-resistive effect film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 2] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. A magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said antiferromagnetism film or a permanent magnet film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 3] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, A monolayer or the second and third

ferromagnetics of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and second ferromagnetic / first ] -- a conductor -- with a film The laminating of a film and said first ferromagnetic is carried out on said second ferromagnetic. nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and third ferromagnetic / second ] -- a conductor -- said third ferromagnetic It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which the laminating is carried out on said first ferromagnetic, and fixes the magnetization direction of said second and third ferromagnetics. A magneto-resistive effect mold arm head to which a laminating is carried out on an antiferromagnetism film with which some electrodes of said pair are fixing the magnetization direction of said third ferromagnetic, respectively, or a permanent magnet film, and a gap of each of said electrode is characterized by being formed more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect film.

[Claim 4] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head characterized by for said second ferromagnetic being the magneto-resistive effect mold arm head by which the laminating is carried out on an antiferromagnetism film which fixes the magnetization direction, or a permanent magnet film, and arranging an electrode of said pair in a location which passes current only to a core of said magneto-resistive effect film.

[Claim 5] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head characterized by for an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction on said second ferromagnetic being the magneto-resistive effect mold arm head by which the laminating is carried out, and arranging an electrode of said pair in a location which passes current only to a core of said magneto-resistive effect film.

[Claim 6] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on this magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, A monolayer or the second and third ferromagnetics of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and second ferromagnetic / first ] -- a conductor -- with a film nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and third ferromagnetic / second ] -- a conductor -- with a film The laminating of

said first ferromagnetic is carried out on the second ferromagnetic, and the laminating of the third ferromagnetic is carried out on the first ferromagnetic. It is the magneto-resistive effect mold arm head characterized by being the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second and third ferromagnetics, and arranging an electrode of said pair in a location which passes current only to a core of said magneto-resistive effect film.

[Claim 7] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers which the magnetization direction changed with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, and was prepared in contact with said electrode, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said magneto-resistive effect film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 8] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. A magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. This antiferromagnetism film or a permanent magnet film is a magneto-resistive effect mold arm head prepared in contact with said electrode. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said antiferromagnetism film or a permanent magnet film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 9] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, A monolayer or the second and third ferromagnetics of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and second ferromagnetic / first ] -- a conductor -- with a film The laminating of a film and said first ferromagnetic is carried out on said second ferromagnetic. nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and third ferromagnetic / second ] -- a conductor -- said third ferromagnetic The laminating is carried out on said first ferromagnetic, and it has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second and third

ferromagnetics. Said first and the second and third ferromagnetics are magneto-resistive effect mold arm heads prepared between said antiferromagnetism film of a pair, or a permanent magnet film. A magneto-resistive effect mold arm head to which a laminating is carried out on an antiferromagnetism film with which some electrodes of said pair are fixing the magnetization direction of said third ferromagnetic, respectively, or a permanent magnet film, and a gap of each of said electrode is characterized by being formed more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect film.

[Claim 10] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, A magnetic-domain control layer which consists of a permanent magnet which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said magneto-resistive effect film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 11] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, A magnetic-domain control layer which consists of a cascade screen of an antiferromagnetism film and a soft magnetism film which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and have been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. A magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said magneto-resistive effect film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 12] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, A magnetic-domain control layer which consists of a permanent magnet which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said antiferromagnetism film, and it is

characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 13] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, A magnetic-domain control layer which consists of a cascade screen of an antiferromagnetism film and a soft magnetism film which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and have been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. A magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic ] — a conductor — with a film It is the magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second ferromagnetic. A magneto-resistive effect mold arm head to which the laminating of some electrodes of said pair is carried out on said antiferromagnetism film or a permanent magnet film, and it is characterized by a gap of each of said electrode being narrower than width of face of said magneto-resistive effect film, and being formed, respectively.

[Claim 14] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, A magnetic-domain control layer which consists of a permanent magnet which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, A monolayer or the second and third ferromagnetics of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and second ferromagnetic / first ] — a conductor — with a film The laminating of a film and said first ferromagnetic is carried out on said second ferromagnetic. nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and third ferromagnetic / second ] — a conductor — said third ferromagnetic The laminating is carried out on said first ferromagnetic, and it has an antiferromagnetism film which fixes the magnetization direction of said second and third ferromagnetics. Said first and the second and third ferromagnetics are magneto-resistive effect mold arm heads prepared between said antiferromagnetism films of a pair. A magneto-resistive effect mold arm head to which a laminating is carried out on an antiferromagnetism film with which some electrodes of said pair are fixing the magnetization direction of said third ferromagnetic, respectively, and a gap of each of said electrode is characterized by being formed more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect film.

[Claim 15] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, A magnetic-domain control layer which consists of a cascade screen of an antiferromagnetism film and a soft magnetism film which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and have been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, A monolayer or the second and third ferromagnetics of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and second ferromagnetic / first ] — a conductor — with a film The laminating of a film and said first ferromagnetic is carried out on said second ferromagnetic. nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and third ferromagnetic / second ] — a conductor — said third ferromagnetic The

laminating is carried out on said first ferromagnetic, and it has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second and third ferromagnetics. Said first and the second and third ferromagnetics are magneto-resistive effect mold arm heads prepared between said antiferromagnetism film of a pair, or a permanent magnet film. A magneto-resistive effect mold arm head to which a laminating is carried out on an antiferromagnetism film with which some electrodes of said pair are fixing the magnetization direction of said third ferromagnetic, respectively, or a permanent magnet film, and a gap of each of said electrode is characterized by being formed more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect film.

[Claim 16] Width of face of said magneto-resistive effect film is 0.5-4 micrometers to a gap of an electrode of said pair. A magneto-resistive effect mold arm head according to claim 1 to 15 characterized by having an applied value.

[Claim 17] Each electrode of an electrode of said pair is a magneto-resistive effect mold arm head according to claim 1 to 16 characterized by having lapped with said magneto-resistive effect film in 0.25-2 micrometers to a crosswise edge of said magneto-resistive effect film.

[Claim 18] An electrode spacing of an electrode of said pair is a magneto-resistive effect mold arm head according to claim 1 to 17 characterized by being 2 micrometers or less.

[Claim 19] It is the magnetic regenerative apparatus characterized by said reproducing head consisting of a magneto-resistive effect mold arm head according to claim 1 to 18 in a magnetic regenerative apparatus equipped with the reproducing head which changes into an electrical signal change of a magnetic field which reveals information from magnetic-recording data medium recorded magnetically and this magnetic-recording data medium, and a regeneration circuit which processes an electrical signal from the reproducing head.

[Claim 20] Magnetic-recording data medium which records information magnetically, and a recording head which a magnetic field according to an electrical signal is generated [ recording head ], and makes information by this magnetic field record on said magnetic-recording data medium, In a magnetic recorder and reproducing device equipped with the reproducing head which changes into an electrical signal change of a magnetic field revealed from magnetic-recording data medium, and a regeneration circuit which processes an electrical signal from the reproducing head Said reproducing head is a magnetic recorder and reproducing device characterized by consisting of a magneto-resistive effect mold arm head according to claim 1 to 18.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the magnetic recorder and reproducing device using a new magneto-resistive effect mold arm head and new it, and relates to the magnetic recorder and reproducing device using the magneto-resistive effect mold arm head and it suitable as the reproducing head which reproduce the information on magnetic-recording data medium especially using giant magneto-resistance.

[0002]

[Description of the Prior Art] The reproducing head is carried in the magnetic recorder and reproducing device with the recording head, and the AMR (Anisotropic Magnetoresistive) arm head using an anisotropy magneto-resistive effect is known as the reproducing head. In this AMR arm head, the Barkhausen noise generated from an arm head is controlled, and since it is required that malfunction of a magnetic recorder and reproducing device should be prevented, the configuration which prepares the magnetic-domain control layer for maintaining a magneto-resistive effect film at a single magnetic domain in an arm head is adopted.

[0003] In the AMR arm head of the first generation in which the magnetic-domain control layer was prepared, the magnetic-domain control system called a PATANDO exchange is adopted, for example as indicated by U.S. Pat. No. 4663685. This method carries out pattern NINGU of the magnetic-domain control layer which consists of an antiferromagnetism film etc., carries out the laminating of the magnetic-domain control layer by which pattern NINGU was carried out only to the edge field of a magneto-resistive effect film (MR film), arranges it to it, maintains this field at a single magnetic domain, and guides a central magnetic force sensor (be caught in the electrode of a pair field which changes change of a magnetic field into an electrical signal) to a single magnetic-domain condition among MR films.

[0004] According to the AMR arm head which adopted the PATANDO exchange method, it is known by enlarging the gap of a magnetic-domain control layer compared with an electrode spacing, for example that sensitivity will improve as indicated by the paper: Magnetics Society of Japan 19th volume page 105 (1995).

[0005] In the AMR arm head of the second generation, in consideration of the point which is easy to manufacture rather than the AMR arm head of the first generation, the hard bias method is adopted as indicated by JP,3-125311,A. This method cuts off the both sides of MR film extended even to the edge field, forms MR film only in a magnetic force sensor, arranges a permanent magnet film on both sides of this MR film, and maintains a magnetic force sensor at a single magnetic-domain condition by the magnetic field which a permanent magnet film makes. In addition, what used the cascade screen of a soft magnetism film (ferromagnetic) and an antiferromagnetism film is proposed instead of the permanent magnet film as indicated by JP,7-57223,A.

[0006] According to the AMR arm head which adopted the hard bias method, low resistance, high signal to noise ratio, and an arm head with high electric reliability are obtained by forming some electrodes on MR film, for example as indicated by U.S. Pat. No. 5438470. However, it is known that there is a defect that a reading blot of the signal of an adjoining track is large, bad [ a cross

talk property ] as the arm head of this structure is indicated by for example, paper:IEEE Trans.Magn., vol.32, and p.67 (1996).

[0007] As a high sensitivity next generation [ which is replaced with the AMR arm head ] on the other hand MR head, the spin valve head using giant magneto-resistance is proposed as indicated by JP,4-358310,A. nonmagnetic [ by which this spin valve head was inserted as a magneto-resistive effect film between the first ferromagnetic from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, and the second ferromagnetic to which the magnetization direction was fixed ] -- a conductor -- it consists of films and has composition by which the laminating was carried out to the antiferromagnetism film or permanent magnet film with which the second ferromagnetic fixes that magnetization direction. Moreover, in order to make the output of a spin valve head high, the dual type spin valve head is proposed as indicated by JP,5-347013,A as the application. The first ferromagnetic from which, as for this dual spin valve head, the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium as a magneto-resistive effect film, nonmagnetic [ which was inserted between the second and third ferromagnetics to which the magnetization direction was fixed, and the first ferromagnetic and the second ferromagnetic ] -- a conductor -- with a film It consists of films. nonmagnetic [ which was inserted between the first ferromagnetic and the third ferromagnetic ] -- a conductor -- the second ferromagnetic and third ferromagnetic The laminating of the first ferromagnetic is carried out up and down, and the second and third ferromagnetic has composition by which the direct laminating was carried out to the antiferromagnetism film or permanent magnet film which fixes each magnetization direction so that it may face to the first ferromagnetic.

[0008] In each [ these ] spin valve head, since it is the first ferromagnetic that the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, in a spin valve head, to change the first ferromagnetic into a single magnetic-domain condition is demanded.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although the spin valve head is known as an arm head replaced with the AMR arm head, in the conventional spin valve head using a hard bias method, depending on the strength of a magnetic-domain control layer, a playback wave may be distorted or a playback output may decline.

[0010] For example, when the strength of the magnetic-domain control layer for controlling the first ferromagnetic to a single magnetic domain is not necessarily enough, distortion and a magnetic recorder and reproducing device may malfunction [ a playback wave ]. Generally this distortion is called a Barkhausen noise and it turned out that the cause of generating of this noise is in the discontinuous movement toward magnetization of the first ferromagnetic edge. And the spin valve head tends to carry out nearby generating of this Barkhausen noise from the AMR arm head. As mentioned above, while operating this focusing on the condition of having turned magnetization of the first ferromagnetic just beside, by the spin valve head, with the AMR arm head, making it operate focusing on the condition of having leaned magnetization of MR film near 45 degrees of slant requires it. That is, in a spin valve head, when the leakage magnetic field (positive, negative) of magnetic-recording data medium is impressed, it is because magnetization of the first ferromagnetic edge is reversed in the vertical direction. This is because magnetostatic energy will become high if magnetization of the first ferromagnetic edge turns to just beside when the strength of a magnetic-domain control layer is not necessarily enough, so a slant top or the bottom of slant is in a stable condition as a magnetization direction. On the other hand, with the AMR arm head, since magnetization of the first ferromagnetic edge has always turned to the direction of slant, it is hard to produce the discontinuous movement toward magnetization like a spin valve head.

[0011] Next, if the gap of the electrode of a spin valve head is narrowed on the occasion of a raise in the track density of a magnetic recorder and reproducing device when the strength of a magnetic-domain control layer is to some extent enough, the output per unit electrode spacing (sensitivity) will decline rapidly. The output of a spin valve head becomes large in proportion to the gap of an electrode fundamentally. It is [ this ] reasonable in the whole voltage change becoming large, so that the portion from which voltage changes is connected to a serial for a

long time. However, if the gap of an electrode is only narrowed in the spin valve head of the conventional hard bias structure, the output per unit electrode spacing (sensitivity) will decline rapidly. If especially an electrode spacing is set to 2 micrometers or less, the sensitivity of an arm head will fall to 90% or less of original sensitivity. The cause of a fall of this sensitivity is the effect of a magnetic-domain control layer by which the laminating is carried out to the bottom of an electrode, and is in the sensitivity of the right-and-left both-ends field of the first ferromagnetic being low. Therefore, the rate for the center section where sensitivity is high decreases as an electrode spacing becomes narrow and the effect of a magnetic-domain control layer becomes strong, and sensitivity falls as a result. Therefore, in the spin valve head of the conventional hard bias structure, if an electrode spacing is only narrowed, sensitivity will become low rapidly and malfunction of a magnetic recorder and reproducing device will increase. As this result, high track density-ization of a magnetic recorder and reproducing device becomes difficult.

[0012] Furthermore, when the strength of a magnetic-domain control layer is to some extent enough, even when an electrode spacing is fixed, the output of an arm head declines so rapidly that the strength of a magnetic-domain control layer becomes strong. For example, when the longitudinal bias ratio which is the scale which shows the strength of a magnetic-domain control layer is 2, the output of an arm head falls to about 60% of an original output. Here, a longitudinal bias ratio is a value expressed with the ratio of the residual magnetic flux density  $B_r$  of a permanent magnet film, an addition value  $(B_r - t)$  with Thickness  $t$ , and the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the first ferromagnetic in a spin valve head and an addition value  $(B_s - t)$  with Thickness  $t$ , when a magnetic-domain control layer is a permanent magnet. Moreover, a longitudinal bias ratio is a value expressed with the ratio of the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the ferromagnetic in a magnetic-domain control layer, the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the first ferromagnetic [ in / for an addition value  $(B_s - t)$  with Thickness  $t$  / a spin valve head ], and an addition value  $(B_s - t)$  with Thickness  $t$ , when a magnetic-domain control layer is the cascade screen of a ferromagnetic and an antiferromagnetism film.

[0013] Furthermore, since a magnetic-domain control layer is produced at another production process with the first ferromagnetic, the strength of a magnetic-domain control layer, i.e., a longitudinal bias ratio, has the variation in a certain range. Variation occurs in the output of an arm head as the result. And as it mentioned above that the strength of a magnetic-domain control layer was inadequate, the strength of a magnetic-domain control layer is greatly set up a little rather than the required value from the place where a Barkhausen noise occurs. An output becomes low as the result.

[0014] Thus, in the spin valve head of the conventional hard bias structure, since it is greatly dependent on the strength of a magnetic-domain control layer, when the strength of a magnetic-domain control layer is strong, an output declines and malfunction of a magnetic recorder and reproducing device increases the output of an arm head.

[0015] The purpose of this invention is to offer the magnetic regenerative apparatus and magnetic recorder and reproducing device using the magneto-resistive effect mold arm head which can obtain the high playback output which did not depend on the strength of a magnetic-domain control layer, but was stabilized, and this arm head, when an electrode spacing is narrow.

[0016]

[Means for Solving the Problem] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium in this invention was carried out to a multilayer in order to attain said purpose, A magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a field of the cross direction which intersects the direction of a laminating of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, It has an electrode of a pair which the laminating was carried out on a magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. A magneto-resistive effect film A monolayer or the first ferromagnetic of two or more layers from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, It has a film. nonmagnetic [ which was inserted between a monolayer or the second ferromagnetic of two or more layers to which the magnetization direction was fixed, and the first

ferromagnetic and the second ferromagnetic ] — a conductor — It is the magneto-resistive effect mold arm head by which the direct laminating is carried out on an antiferromagnetism film with which the second ferromagnetic fixes the magnetization direction, or a permanent magnet film. The laminating of some electrodes of said pair is carried out on said magneto-resistive effect film, respectively. A gap of each of said electrode being formed more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect film or an electrode is arranged in a location which passes current only to a core of a magneto-resistive effect film, and a magneto-resistive effect mold arm head characterized by the gap being 2 micrometers or less is constituted.

[0017] Moreover, the gap can be set to 0.25–1.5 micrometers.

[0018] Among magneto-resistive effect mold arm heads using giant magneto-resistance, the laminating of some electrodes of a pair is carried out on said antiferromagnetism film or a permanent magnet film, and a gap of each electrode can adopt a configuration by which it is formed more narrowly than width of face of a magneto-resistive effect film as that to which the direct laminating of an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction on the second ferromagnetic is carried out, respectively.

[0019] A magneto-resistive effect film with which the laminating of two or more films of magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium in this invention was carried out, It has a magnetic-domain control layer which adjoined both sides of a magneto-resistive effect film, and has been arranged, and an electrode of a pair which the laminating was carried out on this magnetic-domain control layer, and was connected to a magneto-resistive effect film and an electric target. Said magneto-resistive effect film The first ferromagnetic from which the magnetization direction changes with the magnetic fields from magnetic-recording data medium, nonmagnetic [ which was inserted between the second and third ferromagnetics to which the magnetization direction was fixed, and said first ferromagnetic and second ferromagnetic / first ] — a conductor — with a film nonmagnetic [ which was inserted between said first ferromagnetic and third ferromagnetic / second ] — a conductor — with a film The laminating of said first ferromagnetic is carried out on the second ferromagnetic, the laminating of the third ferromagnetic is carried out on the first ferromagnetic, and it is in a magneto-resistive effect mold arm head which has an antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction of said second and third ferromagnetics.

[0020] An antiferromagnetism film or a permanent magnet film which fixes the magnetization direction on the third ferromagnetic among magneto-resistive effect mold arm heads using the giant magneto-resistance to that by which the direct laminating is carried out The laminating of some electrodes of a pair is carried out to said antiferromagnetism film or a permanent magnet film, respectively. It is arranged in a location which a gap of each electrode is formed more narrowly than width of face of a magneto-resistive effect film, or passes current only to a core of a magneto-resistive effect film like the above-mentioned, and a configuration the gap of whose is 2 micrometers or less can be adopted.

[0021] In a magneto-resistive effect mold arm head of this invention, when a permanent magnet film is used for a magnetic-domain control layer, it is desirable to use an antiferromagnetism film or a permanent magnet film for a magnetic film which fixes the magnetization direction of the second or third ferromagnetic at the time of using a cascade screen of an antiferromagnetism film and a soft magnetism film for a magnetic-domain control layer to a magnetic film which fixes the magnetization direction of the second or third ferromagnetic using an antiferromagnetism film. The former relation is especially desirable.

[0022] Width of face of a magneto-resistive effect film is 0.5–4 micrometers to a gap of an electrode of a pair. An applied value is desirable.

[0023] Moreover, a location of each electrode edge which specifies an electrode spacing among electrodes of a pair is 0.25–2 micrometers from crosswise both ends of a magneto-resistive effect film, respectively. A range is desirable.

[0024] Furthermore, especially an electrode spacing of an electrode of a pair is 0.25–1.5 micrometers more less than 2 micrometers 2 micrometers or less. It can set up.

[0025] A magneto-resistive effect mold arm head of this invention is used as the reproducing head, and can be applied to following equipment.

[0026] (1) A magnetic regenerative apparatus equipped with the reproducing head which changes into an electrical signal change of a magnetic field which reveals information from magnetic-recording data medium recorded magnetically and magnetic-recording data medium, and a regeneration circuit which processes an electrical signal from the reproducing head.

[0027] (2) A magnetic recorder and reproducing device equipped with magnetic-recording data medium which records information magnetically, a recording head which a magnetic field according to an electrical signal is generated [ recording head ], and makes information by this magnetic field record on magnetic-recording data medium, the reproducing head which changes into an electrical signal change of a magnetic field revealed from magnetic-recording data medium, and a regeneration circuit which processes an electrical signal from the reproducing head.

[0028] (3) Disk array equipment equipped with two or more above-mentioned magnetic recorder and reproducing devices and a controller which controls actuation of these equipments.

[0029] Since according to the means an edge each electrode carries out [ an edge ] phase opposite is arranged inside compared with an edge location of the cross direction of a magneto-resistive effect film, and current does not flow substantially in a crosswise edge of a magneto-resistive effect film but current flows only in the center section which cannot be easily influenced of a magnetic field from a magnetic-domain control layer, even when strength of a magnetic-domain control layer is not necessarily enough, it can control that a Barkhausen noise occurs from a magneto-resistive effect film. Furthermore, an output can be kept high even when strength of a magnetic-domain control layer is enough. And even if it narrows width of face of an electrode, while being able to hold a high sensitivity output, a reading blot can be made small and it can respond also to high track density-ization.

[0030]

[Embodiment of the Invention]

(Example 1) Drawing 1 is the block diagram showing the data-medium opposed face of the spin valve head concerning this invention. The spin valve head (giant magneto-resistance mold arm head) constituted as a magneto-resistive effect mold arm head for playback in drawing 1 is equipped with the magneto-resistive effect film 10, the magnetic-domain control layer 12, and the electrode 14 of a pair, and the laminating of the magneto-resistive effect film 10 is carried out on the antiferromagnetism film 16. The laminating of two or more films of the magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium in the magneto-resistive effect film 10 is carried out to the multilayer. multilayers — the first ferromagnetic 18 and nonmagnetic — a conductor — it consists of a film 20 and the second ferromagnetic 22 and 24, and the laminating of the second ferromagnetic 24 is carried out on the antiferromagnetism film 16. After having been cut off by the magnitude corresponding to predetermined width of face (width of face 26 of a magneto-resistive effect film), the laminating of these multilayers is carried out. The first ferromagnetic 18 is constituted using NiFe, CoFe, CoNiFe, etc. as a free layer, and thickness is set as 5nm (preferably 2–15nm). nonmagnetic — a conductor — Cu is used for the film 20, and thickness is set as 2nm (preferably 1–5nm), and is. The second ferromagnetic 22 and 24 constitutes the cascade screen as the fixed bed, respectively, Co is used for the second ferromagnetic 22, and thickness is set as 1nm. NiFe is used for the second ferromagnetic 24, and this thickness is set as 1nm and is 1–5nm in both preferably. NiO is used for the antiferromagnetism film 16 and this thickness is set as 50nm (preferably 20–80nm). And the second ferromagnetic 22 and 24 is being fixed so that the magnetization direction may point out a data-medium opposed face mostly by switched connection with the antiferromagnetism film 16. The magnetization direction of the first ferromagnetic 18 is set up crosswise [ of for example, a magneto-resistive effect film ], and this magnetization direction changes with the magnetic fields of magnetic-recording data medium to space and a perpendicular direction. The first ferromagnetic 18 has more greatly than the thickness of the sum total of the second ferromagnetic 22 and 24 one about 2 to 3 times the magnitude of this.

[0031] The magnetic-domain control layer 12 consists of cascade screens to which the laminating of the permanent magnet film 28 and the orientation control substrate film 30 was

carried out, and the magnetic-domain control layer 12 adjoins the both sides of the field of the cross direction which intersects the direction of a laminating of the magneto-resistive effect film 10, and is arranged. As a permanent magnet film 28, the alloy of a CoCrPt system is used, for example and 10nm (preferably 5–20nm) Cr is used as an orientation control substrate film 30. And the first ferromagnetic 18 is controlled by the magnetic field generated from the magnetic-domain control layer 12 by the single magnetic domain. The magnetic-domain control layer 12 is arranged at the almost same height as the first ferromagnetic 18, and the thickness is 10nm (5–15nm is more desirable 4–30nm preferably).

[0032] The laminating of the electrode 14 of a pair is carried out on the magnetic-domain control layer 12, respectively, and the laminating of some each electrode 14 is carried out on the first ferromagnetic 18. That is, each electrode 14 maintains an electrode spacing 32, and the laminating is carried out on the first ferromagnetic 18 and the magnetic-domain control layer 12. Each electrode 14 consists of metals, such as Au, Cu, and Ta, and the electrode spacing 32 of each electrode 14 is set up more narrowly than the width of face 26 of a magneto-resistive effect film.

[0033] At a spin valve head, an output is the cosine  $\cos \Delta \theta$  of angle  $\Delta \theta$  which the magnetization direction of specific resistance variation  $\Delta \rho$  of a spin bulb film proper, and the first ferromagnetic and the second ferromagnetic makes. It is proportional to a product. And it is known that specific resistance variation  $\Delta \rho$  is [ a place high more than twice to a spin valve head ] high sensitivity compared with the AMR arm head compared with the AMR arm head. It is  $\cos \Delta \theta$  supposing it fixes the magnetization direction of the second ferromagnetic near right under (minus 90degree) perpendicularly to a data-medium opposed face here. It can rewrite with  $\cos (\theta + 90 \text{ degrees})$  using the angle  $\theta$  of the magnetization direction of the first ferromagnetic, and a data-medium opposed face to make. That is, an output is  $\sin \theta$ . It is proportional. For this reason, in order to change an output to linearity to change of  $\theta$ , as for  $\theta$ , near 0 degree is desirable. therefore, the magnetization direction of the first ferromagnetic — a data-medium opposed face — almost — parallel — that is, it has set up so that it may become just beside mostly.

[0034] Drawing 2 is the block diagram of the spin valve head which used alloys, such as a FeMn system, a NiMn system, and a CrMn system, instead of NiO as an antiferromagnetism film 16 of a spin valve head. It is also possible to omit either among the second ferromagnetic 22 and 24. As shown in drawing 2, unlike drawing 1, the laminating of the antiferromagnetism film 16 is carried out for the direction of a laminating of the magneto-resistive effect film 10 on the magneto-resistive effect film 10. Moreover, in any [ which showed drawing 1 and drawing 2 ] case, the antiferromagnetism film 16 can be replaced at a permanent magnet film. The thickness of each class in this drawing is the same as that of drawing 1. The magnetic-domain control layer 12 comes below the upper surface of the antiferromagnetism film 16.

[0035] Drawing 3 is a block diagram using the dual spin valve head which is the application in order to make the output of a spin valve head high. nonmagnetic [ which was inserted between the first ferromagnetic 18, the second ferromagnetic 22 and 24 to which the magnetization direction was fixed, the third ferromagnetic 36 and 38, the first ferromagnetic 18, and the second ferromagnetic 22 as the configuration of the magneto-resistive effect film 10 in this case was shown in drawing 3 ] — a conductor — with a film 20 nonmagnetic [ which was inserted between the first ferromagnetic 18 and the third ferromagnetic 36 ] — a conductor — it consists of films 34, and the laminating of the second ferromagnetic 22 and 24 is carried out on the antiferromagnetism film 16, and the antiferromagnetism film 40 has composition by which the laminating was carried out on the third ferromagnetic 36 and 38. The first ferromagnetic 18 is constituted using NiFe, CoFe, CoNiFe, etc. as a free layer, and thickness is set as 5nm. nonmagnetic — a conductor — Cu is used for films 20 and 34 and thickness is set as 2nm. The second ferromagnetics 22 and 24 and third ferromagnetic 36 and 38 constitute the cascade screen as the fixed bed, respectively, Co is used for the second ferromagnetic 22 and the third ferromagnetic 36, and both thickness is set as 1nm. NiFe is used for the second ferromagnetic 24 and the third ferromagnetic 38, and both thickness is set as 1nm (preferably 0.5–3nm). What was most suitable is chosen as the antiferromagnetism films 16 and 40 from the alloy of oxides,



such as NiO and CoO, a FeMn system, a NiMn system, and a CrMn system etc. The antiferromagnetism films 16 and 40 may be constituted from same material, or may be constituted from an another material, and can also be further replaced by the permanent magnet here. Moreover, either can be omitted among the second ferromagnetic 22 and 24, and either can also be similarly omitted among the third ferromagnetic 36 and 38. The thickness of other each class is the same as that of drawing 1.

[0036] Moreover, in each above-mentioned spin valve head, the permanent magnet film 28 can also be replaced by the cascade screen of a NiFe system alloy and alloys, such as a FeMn system which is an antiferromagnetism film, a NiMn system, and a CrMr system. In this case, a property with it better [ to replace the orientation control substrate film 30 by Ta etc. ] is acquired. The magnetic-domain control film 12 is formed below the upper surface of the magneto-resistive effect film 10.

[0037] Drawing 4 is the longitudinal bias ratio which faces measuring a regenerative signal using the spin valve head in this invention, and shows the magnetic field strength of the magnetic-domain control layer 12 0.8 It is the diagram showing the measurement result which made low and was measured. When the spin valve head of the hard bias structure conventional on the same conditions is measured at this time, if it depends on the arm head by this invention to the Barkhausen noise having arisen, with the conventional arm head, it turns out that the Barkhausen noise is controlled. Since the electrode spacing 32 of each electrode 14 is set up more narrowly than the width of face 26 of a magneto-resistive effect film and current does not flow in the edge which is the generation source of a Barkhausen noise among the magneto-resistive effect films 10, this is because it can be managed even if it does not sense this Barkhausen noise. For this reason, even when the magnetic field strength of the magnetic-domain control layer 12 is not enough, even if generating of a Barkhausen noise is controlled and it uses this arm head for a magnetic recorder and reproducing device, malfunction of a magnetic recorder and reproducing device can be lessened.

[0038] Drawing 5 is a longitudinal bias ratio as when the strength of a magnetic-domain control layer is enough 1.5 It is a diagram [ the arm head of the conventional hard bias structure / relation / between the output per unit electrode spacing when carrying out (sensitivity), and an electrode spacing ]. In addition, it is 0.5 micrometers about the amount of overlap on the spin valve head in this invention, and corresponding to [ in each electrode 14 ] the wrap distance 34 for the first ferromagnetic 18. It carries out and is the electrode spacing of 32+1.0 micrometers about the width of face 26 of a magneto-resistive effect film. It is carrying out.

[0039] If it depends on the arm head of this invention from drawing 5, the conventional arm heads differ, and an electrode spacing 32 is 0.5 micrometers. Even when it becomes very narrow, it turns out that sensitivity can be kept high.

[0040] Drawing 6 compares the micro truck property of the spin valve head in this operation gestalt, and the conventional spin valve head. The half-value width of a micro truck property shows effectual playback width of face, and the comparison of the size of a reading blot of it is attained by this comparison. In addition, for right and left, at drawing 6, the amount of overlap of the arm head in this invention is 0.5 micrometers. It is carrying out. and an electrode spacing -- each arm head -- \*\* -- 1.0 micrometers \*\* -- it carried out. A micro truck property is the width of recording track of 0.2 micrometers on magnetic-recording data medium here. A signal is recorded on the field where a degree is thin, and it asks by moving the signal of this micro truck under an arm head.

[0041] The half-value width (effective width of recording track) of the arm head of drawing 6 to this invention is 1.0 micrometers. It is equal to an electrode spacing and it turns out that a reading blot is small. With the conventional arm head on the other hand, it is narrower than 0.9 micrometers and an electrode spacing a little rather.

[0042] then, the place standardized and compared with the effective width of recording track about the output of the arm head which depends on this invention, and the conventional arm head -- the standardization output of the conventional arm head -- 0.78 it was -- a thing -- receiving -- the arm head of this invention -- 0.95 The result high about twenty percent was obtained. This result also shows that the arm head of this invention is more advantageous than

the conventional arm head.

[0043] Thus, a longitudinal bias ratio is large, and if the arm head of this invention is used even if it can hold high sensitivity \*\*, and a magnetic recorder and reproducing device is formed into high track density, since the reading blot is small even when an electrode spacing becomes narrow, malfunction of a magnetic recorder and reproducing device can be lessened.

[0044] Drawing 7 is the diagram showing the result to which the electrode spacing measured the relation between 1 micrometer, the output in the case of being narrow, and the amount of overlap.

[0045] In order to maintain the output of an arm head at 90% or more of an original output from drawing 7, it is 0.25 micrometers about the amount of overlap. It turns out that what is necessary is just to carry out above. This is because current does not flow to the field of the edge of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10, i.e., the field where sensitivity is low, substantially, but current flows only to the field of the center section where sensitivity is high, so an output can be kept high. For this reason, though it is a narrow electrode gap, in order to consider as a high sensitivity arm head, for right and left, the edge by the side of the tip of each electrode 14 is 0.25 micrometers from the edge of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10. It is desirable to arrange so that it may become inside above.

[0046] When the amount of overlap is enlarged not much, the effect of the magnetic-domain control layer 12 which adjoins the both sides of the magneto-resistive effect film 10, and is arranged stops on the other hand, affecting even a magnetic force sensor. That is, in the spin valve head of this invention, magnetization is the most unstable and the portion which can become a noise generation source is the field of the edge inside each electrode 14. This is because torsion of the bias magnetic field by current arises in this field. Therefore, in the edge location of each electrode, it is desirable for the effectual anisotropy field of the cross direction of the magneto-resistive effect film exceeding the bias magnetic field (5 - 10 oersted degree) by current to be impressed to the first ferromagnetic 18 by the magnetic-domain control layer 12.

[0047] Drawing 8 is the diagram showing the result of having asked for the relation between the distance from the magnetic-domain control layer 12, and an effectual anisotropy field. Distribution of the effectual anisotropy field of the cross direction of the first ferromagnetic 18 is shown in drawing 8. Here, only the magnetization which exists in a zero assumed what is restrained crosswise strongly (magnetic-domain control is carried out). In order to have made the effectual anisotropy field into ten or more oersteds from drawing 8, the distance from the magnetic-domain control layer 12 was understood are good to make it 2 micrometers or less. Then, it is desirable to arrange the edge location inside each electrode 14 (tip side) so that right and left may become inside within the limits of 2 micrometers or less of each compared with the edge location of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10. That is, as an amount of overlap to each electrode 14, it is 0.25 micrometers. It is desirable that it is within the limits of 2 micrometers or less above.

[0048] Drawing 9 is 1.0 micrometers about an electrode spacing. It is the diagram showing the result compared with the conventional arm head about the relation between the output of the arm head at the time of narrowing, and a longitudinal bias ratio.

[0049] From drawing 9, if it depends on the arm head of this invention, even if the magnetic field strength of the longitudinal bias ratio 12, i.e., a magnetic-domain control layer, will become large, the fall of an output can be suppressed low, without being greatly influenced of the magnetic field of the magnetic-domain control layer 12.

[0050] According to this operation gestalt, even if an electrode spacing becomes narrow, even if the magnetic field strength of the magnetic-domain control layer 12 becomes strong, the fall of an output can be suppressed low, and the arm head of high power can be offered.

[0051] By carrying out the laminating of the electrode on a magneto-resistive effect film, contact resistance between an electrode and a magneto-resistive effect film can be carried out for making it low (former: 1-5ohm, 1ohm or less of this inventions). Therefore, a head noise and unnecessary pyrexia can be suppressed.

[0052] Moreover, if the arm head by this operation gestalt is used for following equipment, equipment with little malfunction can be offered. For example, the thing equipped with the

regeneration circuit which processes the electrical signal from the reproducing head which changes into an electrical signal change of the magnetic field which reveals information as a magnetic regenerative apparatus from magnetic-recording data medium recorded magnetically and magnetic-recording data medium, and the reproducing head. Furthermore, the thing equipped with the recording head memorized by magnetic-recording data medium in the information which in addition to the element of this regenerative apparatus generates the magnetic field according to an electrical signal, and depends on this magnetic field.

[0053] (Example 2) Drawing 10 is the block diagram showing the data-medium opposed face of the spin valve head which is 1 operation gestalt of this invention. The spin valve head (giant magneto-resistance mold arm head) constituted as a magneto-resistive effect mold arm head for playback in drawing 10 is equipped with the magneto-resistive effect film 10, the magnetic-domain control layer 33, and the electrode 31 of a pair, and the laminating of two or more films of the magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium in the magneto-resistive effect film 10 is carried out to the multilayer.

[0054] multilayers — the first ferromagnetic 11 and nonmagnetic — a conductor — it consists of a film 19 and the second ferromagnetic 13, and the laminating of the antiferromagnetism film 21 is carried out on the second ferromagnetic 13. 2.0 micrometers whose width of face (the first ferromagnetic 11 and nonmagnetic — a conductor — it defines by narrowest width of face among the width of face of a film 19 and the second ferromagnetic 13) 51 of the magneto-resistive effect film 10 is predetermined magnitude after carrying out the laminating of the magneto-resistive effect film 10 and the antiferromagnetism film 21 which consist of these multilayers and forming them Both width is collectively cut off so that it may become. The first ferromagnetic 11 is constituted using nickel80Fe20 as a free layer, and thickness is set as the optimal value between about 2–15nm. moreover, the first ferromagnetic 11 — as a free layer — for example, nickel80Fe20, nickel68Fe17Co15, and Co60nickel20 — Fe20 and Co90 — monolayers, such as Fe10 and Co, and some films of these can also be constituted using the multilayers which carried out the laminating the optimal. nonmagnetic — a conductor — Cu is used for the film 19 and thickness is set as the optimal value between about 1–4nm. The second ferromagnetic 13 is constituted using Co as the fixed bed, and thickness is set as the optimal value between about 1–5nm. moreover, the second ferromagnetic 13 — as the fixed bed — for example, nickel80Fe20, nickel68Fe17Co15, and Co60nickel20 — Fe20 and Co90 — monolayers, such as Fe10 and Co, and some films of these can also be constituted using the multilayers which carried out the laminating the optimal. Cr45Mn45Pt10 is used for the antiferromagnetism film 21, and this thickness is set as about 30nm. Moreover, Fe50Mn50, Mn80Ir20, and the nickel50Mn50 grade other than the above can also be used for the antiferromagnetism film 21. And the second ferromagnetic 13 is being fixed so that the magnetization direction may point out a data-medium opposed face mostly by switched connection with the antiferromagnetism film 21. The magnetization direction of the first ferromagnetic 11 is set up crosswise [ of for example, a magneto-resistive effect film ], and this magnetization direction changes with the magnetic fields of magnetic-recording data medium to space and a perpendicular direction. In addition, the antiferromagnetism film 21 can also be replaced by the permanent magnet.

[0055] For example, a permanent magnet film and an orientation control substrate film adjoin the both sides of the field of the cross direction where it consists of cascade screens by which the laminating was carried out, and the magnetic-domain control layer 33 intersects the direction of a laminating of the magneto-resistive effect film 10, and the magnetic-domain control layer 33 is arranged. As a permanent magnet film which constitutes the magnetic-domain control layer 33, Co75Cr10Pt15 and Co75Cr10Ta15 grade are used, and, as for the orientation control substrate film, Cr is used, for example. Moreover, what could also use Co80Pt20 for others, and added the oxide of ZrO2, SiO2, and Ta2O5 grade as a permanent magnet film which constitutes the magnetic-domain control layer 33 into the alloy of Co75Cr10Pt15, Co75Cr10Ta15, and Co80Pt20 grade can also be used. An orientation control substrate film is also omissible in these cases. And the first ferromagnetic 11 is controlled by the magnetic field generated from the magnetic-domain control layer 33 by the single magnetic domain. Moreover, the magnetic-domain control layer 33 can also consist of cascade screens of an antiferromagnetism film, a ferromagnetic, and

an orientation control substrate film. In this case, an antiferromagnetism film is chosen from the alloy of Fe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>, Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub>, nickel<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>, and Cr<sub>45</sub>Mn<sub>45</sub>Pt<sub>10</sub> grade, a ferromagnetic is chosen from the alloy of a NiFe system, a CoFe system, and a CoNi system etc., and an orientation control substrate film has good Ta etc. Moreover, NiO, CoO, etc. can also be used as an antiferromagnetism film and an orientation control substrate film can be omitted in this case.

[0056] The laminating of the electrode 31 of a pair is carried out on the magnetic-domain control layer 33, respectively, and the laminating of some each electrode is carried out on the antiferromagnetism film 21. Here, the laminating width of face 53 of each electrode and an antiferromagnetism film is 0.5 micrometers. It is set up. That is, since the width of face 51 of a magneto-resistive effect film is 2.0 micrometers, the laminating of each electrode 31 is carried out on the magnetic-domain control layer 33 and the antiferromagnetism film 21, being maintained so that an electrode spacing 52 may be set to 1.0 micrometers. Each electrode 31 consists of metals of low resistance, such as Ta, Au, and Cu.

[0057] Drawing 11 is the cross section of the spin valve head which used oxides, such as NiO and CoO, instead of the above-mentioned alloy as an antiferromagnetism film 21. As shown in drawing 11, unlike drawing 10, the laminating of the magneto-resistive effect film 10 is carried out for the direction of a laminating of the magneto-resistive effect film 10 and the antiferromagnetism film 21 on the antiferromagnetism film 21. Therefore, the laminating of the electrode 31 of a pair is carried out on the magnetic-domain control layer 33, respectively, and the laminating of some each electrode is carried out on the first ferromagnetic 11. In addition, the antiferromagnetism film 21 can be replaced by the permanent magnet. The thickness of each class is the same as that of drawing 10.

[0058] Drawing 12 is a cross section at the time of using the dual spin valve head which is the application in order to make sensitivity of a spin valve head high. the configuration of the magneto-resistive effect film 10 in this case — the antiferromagnetism film 21 top — the second ferromagnetic 13 and nonmagnetic — a conductor — a film 17, the first ferromagnetic 11, and nonmagnetic — a conductor — a film 23, the third ferromagnetic 15, and the antiferromagnetism film 22 have composition by which the direct laminating was carried out serially. the first ferromagnetic 11 — as a free layer — for example, nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>, nickel<sub>68</sub>Fe<sub>17</sub>Co<sub>15</sub>, and Co<sub>60</sub>nickel<sub>20</sub> — Fe<sub>20</sub> and Co<sub>90</sub> — it is constituted using monolayers, such as Fe<sub>10</sub> and Co, and the multilayers which carried out the laminating of some films of these the optimal, and thickness is set as the optimal value between about 2 to 15nm. nonmagnetic — a conductor — a film 17 and nonmagnetic — a conductor — Cu is used for the film 23 and thickness is set as the optimal value between about 1 to 4nm. The second ferromagnetic 13 and third ferromagnetic 15 are constituted as the fixed bed using the monolayer of Co, nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>, nickel<sub>68</sub>Fe<sub>17</sub>Co<sub>15</sub>, Co<sub>60</sub>nickel<sub>20</sub>Fe<sub>20</sub>, and Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> grade, and the multilayers which carried out the laminating of some films of these the optimal, and thickness is set as the optimal value between about 1–5nm. The optimal thing is chosen as the antiferromagnetism films 21 and 22 from oxides, such as an alloy of Fe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>, Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub>, nickel<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>, and Cr<sub>45</sub>Mn<sub>45</sub>Pt<sub>10</sub> grade, and NiO, CoO. Here, the antiferromagnetism films 21 and 22 may be constituted from same material, or may be constituted from an another material, and can also be further replaced by the permanent magnet. The thickness of others and each class is the same as that of drawing 10.

[0059] The location and thickness of a magnetic-domain control layer of drawing 10 – drawing 13 have the same relation as an example 1.

[0060] Hereafter, a property is explained as an example of the spin valve head of this invention using the arm head shown in drawing 10. Drawing 14 is the result of comparing reproducing characteristics with the AMR arm head of comparison in which some electrodes shown in the spin valve head shown in drawing 10 and drawing 13 were formed on MR film. In addition, the AMR arm head shown in drawing 13 has the MR film 41, the middle Ta layer 42, and the structure in which SAL43 carried out the laminating as a magneto-resistive effect film 10. Width of face 53 (the distance (the amount of overlap) from the magnetic-domain control layer 33 to the edge of each electrode 31 was changed, and the playback output of an arm head was measured.) of the portion by which the laminating of each electrode 31 is carried out on the antiferromagnetic substance 21 or the MR film 41 in drawing 14 An electrode spacing 52 is 1.0

micrometers. When presupposing that it is fixed and changing the amount 53 of overlap, the width of face 51 of a magneto-resistive effect film was also changed to coincidence. As shown in drawing 14, even if it enlarges the amount 53 of overlap in the case of the AMR arm head of comparative drawing 13, an output seldom rises. However, in the case of the spin valve head of this invention, the output rise at the time of enlarging the amount 53 of overlap is remarkable. An output becomes high by the spin valve head by overlapping the edge field of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10 which is low [ sensitivity ] under the effect of the magnetic-domain control layer 33 with each electrode 31, because current was not passed substantially but only the output for the center section where sensitivity is high is taken out. on the other hand, since it differs greatly that this effect does not show up clearly with the AMR arm head from the case where he has no overlap of the magnetization condition of the portion which each electrode 31 overlapped among the magneto-resistive effect films 10, an output will decline and this will cancel a gone up part of an output — it turned out that it is in things. The difference in the magnetization condition by such existence of overlap is very small in the spin valve head of this invention. The magnetization condition of the second ferromagnetic 13 has depended this on the feature of being hard to change with current. Therefore, by forming some each electrode 31 on antiferromagnetism film 21 grade showed that there was a characteristic effect [ say / that an output can be made high ] at the spin valve head of this invention.

[0061] Next, the optimum value of the amount 53 of overlap was calculated. In order to maintain the output of an arm head at 90% or more of maximum in the arm head of this invention from drawing 14, it is 0.25 micrometers about the amount 53 of overlap. It turns out that what is necessary is just to carry out above. Therefore, though it is a narrow electrode gap, in order to consider as a high sensitivity arm head, for right and left, the edge by the side of the tip of each electrode 31 is 0.25 micrometers from the edge of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10. It is desirable to arrange so that it may become inside above. When the amount 53 of overlap is enlarged not much, the effect of the magnetic-domain control layer 33 which adjoins the both sides of the magneto-resistive effect film 10, and is arranged stops on the other hand, spreading to a magnetic force sensor. That is, in the spin valve head of this invention, magnetization is the most unstable and the portion which can become a noise generation source is an edge field by the side of the tip of each electrode 31. This is because the difference of the existence of the bias magnetic field by current arises bordering on here. Therefore, in the edge location of each electrode, it is desirable for the effectual anisotropy field of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10 exceeding the bias magnetic field (5 to 10 oersted degree) by current to be impressed to the first ferromagnetic 11 by the magnetic-domain control layer 33. Drawing 15 is the diagram showing the relation between the amount 53 of overlap, and the effectual anisotropy field of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10 in an electrode edge. In order to have made the effectual anisotropy field in an electrode edge location into ten or more oersteds from drawing 15, the amount 53 of overlap was understood are good to make it 2 micrometers or less. Then, it is desirable to arrange the edge location by the side of the tip of each electrode 31 compared with the edge location of the cross direction of the magneto-resistive effect film 10, so that right and left may become inside in the range of 2 micrometers or less of each. That is, as an amount 53 of overlap to each electrode 31, it is 0.25 micrometers. It is desirable that it is within the limits of 2 micrometers or less above.

[0062] Drawing 16 is the diagram showing the output of per an electrode spacing (1 micrometer) the case where there is the amount of overlap like this invention, and in case there is no amount of overlap like the conventional arm head, i.e., the relation between sensitivity and an electrode spacing, in a spin valve head. It is 0.5 micrometers about the amount 53 of overlap on the spin valve head in this invention, and corresponding to [ in each electrode 31 ] wrap width of face for the antiferromagnetism film 21. It carries out and is 1.0 micrometers to an electrode spacing 52 about the width of face 51 of a magneto-resistive effect film. It is considering as the applied value. According to the arm head of drawing 16 to this invention, the conventional arm heads differ, and an electrode spacing 52 is 0.5 micrometers. Even when it becomes very narrow, it turns out that sensitivity can be kept high.

[0063] Moreover, the spin valve head of this invention compared the size of a reading blot with

the conventional arm head by measuring a micro track property in consideration of the laminating of each electrode 31 being carried out to some antiferromagnetism films 21. Both electrode spacings were set to 1.0 micrometers. In addition, a micro track property records a signal to a thin field with a width of recording track of about 0.2 micrometers on magnetic-recording data medium, and is searched for by moving the signal of this micro track under an arm head. It is 0.5 micrometers about the amount 53 of overlap. It sets on the arm head of this invention carried out, and is 1.0 micrometers, the half-value width, i.e., the effective width of recording track, of a micro track property. It is equal to an electrode spacing and it turns out that a reading blot is small. On the other hand, at the conventional arm head, the effective width of recording track is 0.9 micrometers. It is narrower than an electrode spacing rather. then, the place standardized and compared with the effective width of recording track about the output of the arm head by this invention, and the conventional arm head — the standardization output of the conventional arm head — 0.78 it was — a thing — receiving — the arm head of this invention — 0.95 The result high about twenty percent was obtained. This result also shows that the arm head of this invention is more advantageous than before.

[0064] Thus, even when an electrode spacing becomes narrow, if high sensitivity \*\* can be held, and the arm head of this invention is used even if a magnetic recorder and reproducing device is formed into high track density since the reading blot is small, malfunction of a magnetic recorder and reproducing device can be lessened, and a magnetic recorder and reproducing device can be operated with low power.

[0065] Drawing 17 is 1.0 micrometers about an electrode spacing. It is the shown diagram in comparison with the conventional arm head [ relation / between the output of the arm head at the time of narrowing, and a longitudinal bias ratio ]. The variation in an output can be suppressed low, without this being directly influenced according to the arm head of this invention, even if the longitudinal bias ratio which shows the magnetic field strength which the magnetic-domain control layer 33 makes has variation as shown in drawing 17 . For this reason, if the arm head of this invention is used, the arm head of the high yield can be offered. Moreover, since high sensitivity \*\* can be held also when a longitudinal bias ratio is high, if the arm head of this invention is used, malfunction of a magnetic recorder and reproducing device can be lessened, and a magnetic recorder and reproducing device can be operated with low power.

[0066] It faces measuring a regenerative signal using the spin valve head in this invention, and drawing 18 is a longitudinal bias ratio 0.8 It is the diagram showing the result which made low and was measured. When the spin valve head conventional on the same conditions is measured at this time, according to the arm head by this invention, with the conventional arm head, it turns out that the Barkhausen noise is controlled to the discontinuity of the signal called a Barkhausen noise having been observed. Since the gap 52 of each electrode 31 is set up more narrowly than the width of face 51 of a magneto-resistive effect film and current does not flow in the edge which is the generation source of a Barkhausen noise among the magneto-resistive effect films 10, this is because it can be managed even if it does not sense this Barkhausen noise. For this reason, also when the strength of the magnetic-domain control layer 32 is not enough, even if generating of a Barkhausen noise is controlled and it uses this arm head for a magnetic recorder and reproducing device, malfunction of a magnetic recorder and reproducing device can be lessened.

[0067] By carrying out the laminating of the electrode on a magneto-resistive effect film, contact resistance between an electrode and a magneto-resistive effect film can be carried out for making it low (former: 1-5ohm, 1ohm or less of this inventions). Therefore, a head noise and unnecessary pyrexia can be suppressed.

[0068] (Example 3) Drawing 19 is the schematic diagram of the hard disk drive unit which used the magneto-resistive effect mold reproducing head of the spin valve head of a publication for examples 1 and 2. This equipment has the spindle motor 65 made to rotate the disk axis of rotation 64 and this at high speed, and the disk 40 of one sheet thru/or two or more sheets (this example two sheets) is attached in the disk axis of rotation 64 at the predetermined gap. Therefore, with the disk axis of rotation 64, each disk 40 is united and is rotated. A disk 40 is a disk with a predetermined radius and thickness, and the permanent magnet film is formed in both



sides, and it serves as an informational recording surface. This equipment has the voice coil motor 63 which makes the axis of rotation 62 for positioning of an arm head, and this drive in the outside of a disk 40 again, two or more access arms 61 are attached in the axis of rotation 62 for positioning of an arm head, and the arm head 60 for record playback (it is henceforth described as an arm head) is attached at the tip of each access arm 61. Therefore, when the axis of rotation 62 for positioning of an arm head rotates only a predetermined angle, each arm head 60 moves each disk 40 top to radial, and is positioned in a predetermined location. Moreover, each arm head 60 is held by the balance of the buoyancy produced when a disk 40 rotates at high speed, and the forcing force of the gimbal which is the elastic body which constitutes some access arms 61 from the disk 40 surface at the distance of about dozens of nm. The spindle motor 65 and the voice coil motor 63 are connected to the hard disk controller 66, respectively, and the rotational speed of a disk 40 and the location of an arm head 60 are controlled by the hard disk controller 66.

[0069] Although drawing 20 is the recording head cross section of the inductive mold used for the hard disk drive unit of this invention, this thin film head consists of the lower magnetic film 184 and the up magnetic film 185 which consist of an up shield film 186 and a magnetic film to which it adhered on it. It adheres to the nonmagnetic insulating material 189 among these magnetic films. Some insulating materials specify a magnetic gap 188. The base material has the form of a slider where it has the air bearing surface (ABS), and this has the relation which approaches data medium of the disk which rotates during disk file actuation, and surfaces.

[0070] The thin film magnetic head has the back gap 190 made with the up magnetic film 185 and the lower magnetic film 184. The back gap 190 is separated from the magnetic gap with the intervening coil 187.

[0071] the layer which made the continuous coil 187 on the lower magnetic film 184 with plating — becoming — \*\*\*\* — these — an electromagnetic coupling is carried out. There is electric contact in the center of the coil currently fill uped with the insulating material 189, and a coil 187 has an area still more greatly [ it is the same and ] as electric contact in the heel end point of a coil. The contact is connected to the external electric wire and the reading write-in signal-processing head circuit (illustration abbreviation).

[0072] In this invention, the cross section becomes large gradually as the coil 187 made from the single layer has the ellipse form distorted a little, arrangement of the portion with the small cross section will be carried out most soon at a magnetic gap and the distance from a magnetic gap becomes large.

[0073] However, an ellipse form coil gets down as a large number book ON comparatively densely between the back gap 190 and a magnetic gap 188, and the width of face thru/or the cross-section diameter of a coil is small in this area. Furthermore, a big cross-section reduction in the furthest portion from a magnetic gap brings about reduction in electric resistance. Furthermore, an ellipse (ellipse) form coil has neither an angle nor a sharp corner nor an edge, but there is little resistance to current. Moreover, elliptical has few overall lengths of a conductor compared with a rectangle or a circular (annular) coil, and ends. As a result of these advantages, there is comparatively little total resistance of a coil, there is little pyrexia, and moderate thermolysis nature is obtained. In heat, by that of considerable-amount \*\*\*\*\*, layer collapse of a thin film layer, expanding, and expansion are prevented, and the cause of the ball chip protrusion by ABS is removed.

[0074] The ellipse form coil configuration where change of width of face progresses to homogeneity mostly can adhere with the conventional plating technology cheaper than sputtering, vacuum evaporation, etc. With the coil of a form with other configurations, especially an angle, plating adhesion tends to become the structure of uneven width of face. Only little mechanical stress gives removal of an angle or the sharp edge section with the done coil.

[0075] In this example, the wound coil was mostly formed between magnetic cores with elliptical, the diameter of a coil cross section is spreading gradually towards the back gap from the magnetic gap, a signal output increases and pyrexia decreases it.

[0076] In this example, the upper part and the lower magnetic film of a recording head of an inductive mold were formed with the following electroplating.

[0077] The amount of nickel++: Set to the plating bath containing the usual stress relaxation agent and a surfactant, including 16.7 g/l and amount [ of Fe++ ]:2.4 g/l, and they are pH:3.0 and plating electrical-and-electric-equipment density:15 mA/cm<sup>2</sup>. The thin film magnetic head of the induction type which has - [ after carrying out frame plating on conditions:] lower magnetic core was produced. The width of recording track is 4.0 micrometers, and gap length is 0.4 micrometers. the presentation of this magnetic film -- 42.4 nickel-Fe (% of the weight) -- it is -- magnetic properties -- saturation magnetic flux density (BS) -- 1.64T and difficult shaft coercive force (HCH) -- 0.50e(s) specific resistance (rho) -- 48.1microomegacm it was . They are the up magnetic core 85, the lower magnetic core 84 which served both as the up shield layer, and a coil 187. It has the configuration of the electrode for passing sense current for the magneto-resistive effect mold element 86 for playback, and a magneto-resistive effect mold element, a lower shield layer, and a slider. The diameter of crystal grain of the magnetic core of this example becomes 100-500A, and difficult shaft coercive force is 1.00e(s). It was the following.

[0078] As a result of measuring the engine performance (over-writing property) of the recording head by this invention evaluated by such configuration, the outstanding record engine performance of about -50dB was obtained also in the RF field 40MHz or more.

[0079] Drawing 21 is a strabism conceptual diagram of the magnetic head which has the inductive mold recording head and the magneto-resistive effect mold reproducing head of this invention. The lower shield 182, the magneto-resistive effect film 110, the magnetic-domain control film 141, the reproducing head which has an electrode terminal 140 and the lower magnetic film 184, and the up magnetic film 183 are formed on the base 150 which serves as a head slider, illustration of a lower gap and an up gap is omitted, and a coil 142 is electromagnetism.

[0080] Drawing 22 is the perspective diagram of a negative pressure slider. The negative pressure slider 170 has the negative pressure generating side 178 surrounded by the air installation side 171 and two positive pressure generating sides 177,177 which generate buoyancy, and consists of slots 174 on the boundary of two positive pressure generating sides 177,177 and negative pressure generating sides 178 in air installation side 179 list where a level difference is larger than the negative pressure generating side 178 further. In addition, in the air outflow edge 175, the recording head of the inductive mold which records information on a magnetic disk and which is mentioned later, and the above-mentioned MR sensor to reproduce have the thin film magnetic-head element 176 of the record playback discrete type of the outline structure shown in above-mentioned drawing 24 .

[0081] Although the air introduced from the air installation side 179 at the time of surfacing of the negative pressure slider 170 expands in respect of [ 178 ] negative pressure generating, since the flow of the air which goes to a slot 174 in that case is also made, the flow of the air which goes to the air outflow edge 175 from the air installation side 179 exists also in the interior of a slot 174. Therefore, even if the dust which floats in air is introduced from the air installation side 171 at the time of surfacing of the negative pressure slider 170, it will be introduced inside a slot 174, and it will be washed away by the flow of the air of the slot 174 interior, and will be discharged out of the negative pressure slider 170 from the air outflow edge 178. Moreover, since the flow of air always exists in the slot 4 interior at the time of surfacing of the negative pressure slider 170 and there is no stagnation etc., dust does not condense.

[0082] The whole magnetic disk drive perspective diagram which is an example of this invention is shown in drawing 23 . The configuration of this magnetic disk drive writes in the magnetic disk for recording information, the DC motor (drawing abbreviation) turning around this of a means, and information, and consists of the magnetic head for picking reading and a pointing device of a means to change a location to a magnetic disk in support of this, i.e., an actuator, a voice coil motor, etc. These drawings show the example which enlarged storage capacity of installation and the sum total for the magnetic disk of five sheets to the same axis of rotation.

[0083] According to this example, it can fully record also in a RF field also to high coercive force data medium, and they are the media transfer rate of 15MB/second or more, the record frequency of 45MHz or more, and magnetic-disk 400rpm. They are 3 Gb/in<sup>2</sup> as surface recording



density since MR sensor of the high sensitivity which has the MR effect excellent in fast transmission of the above data, compaction of the access time, increase of storage capacity, etc. is obtained. The above magnetic disk drive is obtained.

[0084] By combining two or more above-mentioned magnetic recorder and reproducing devices with drawing 24 shows the example at the time of constructing disk array equipment. In this case, since two or more magnetic recorder and reproducing devices are treated to coincidence, an informational throughput is made early and the reliability of equipment can be raised. Also in this case, the highly efficient combined head needless to say therefore of the one where the engine performance (a low error rate, low power, etc.) of each magnetic recorder and reproducing device is higher being good is indispensable.

[0085]

[Effect of the Invention] Since according to this invention the gap of each electrode is formed more narrowly than the width of face of a magneto-resistive effect film and current was passed only to the field of the core of a magneto-resistive effect film, even when the strength of a magnetic-domain control layer is not enough, it can control that a Barkhausen noise occurs, and even when the strength of a magnetic-domain control layer is enough, fluctuation of an output can be suppressed low. Furthermore, even if it is a narrow electrode gap, it is high sensitivity and a reading blot can be lessened, and it can be adapted for high track density-ization.

[0086] Moreover, if the arm head by this invention is used for a magnetic regenerative apparatus or a magnetic recorder and reproducing device, equipment with little malfunction can be offered.

---

[Translation done.]

**This Page Blank (uspto)**